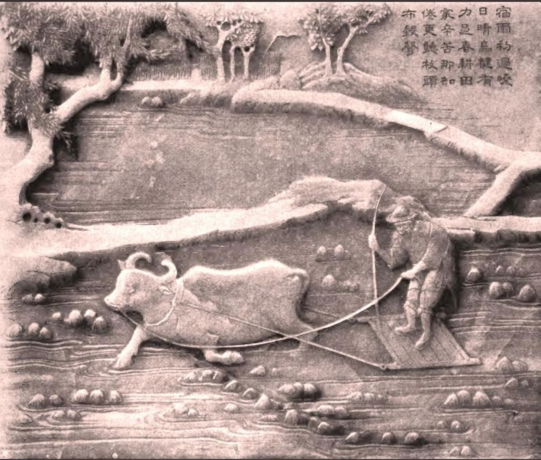


Das Mineralreich

Reinhard Brauns

Digitized by Google

RARE BOOK ROOM

HARVARD UNIVERSITY

VE RI TAS

MINERALOGICAL
LIBRARY

GEOLOGICAL MUSEUM
From the
Burrage Collection

Digitized by Google

DEC 12 1949

Digitized by Google

Digitized by Google

DAS

MINERALREICH

VON

Dr. REINHARD BRAUNS,
ordentl. Professor an der Universität Giessen.

Mit vielen Text-Illustrationen

73 Farbentafeln, 14 Lichtdrucktafeln und 4 Kunstdrucktafeln.

STUTTGART.
Fritz Lehmann, Verlag.
1903.

Digitized by Google

H 42.16

APR 13 1907
Mineralogical Laboratory.
Gift of
Oswald Garrison Villard,
New York City.

Druck der Stuttgarter Vereins-Buchdruckerei in Stuttgart.

Digitized by Google

Inhalts-Verzeichnis.

Einleitung.

Seite

Das Mineralreich 5
Die Grenzen des Mineralreichs 6
Gestein und Mineral 7

Die Form der Mineralien.

Kristalle 9
Einfache Kristallform und Kombination . 10
Die Beschaffenheit der Kristallflächen . . 11
Das Wesentliche einer Kristallform . . . 11
Verzerrungen 13
Die gesetzmässigen Beziehungen in der gegenseitigen Lage der Kristallflächen . 14
Kristallsysteme 17
Holoeder und Hemieder 19
Erkennung der Symmetrie 20
Beschreibung der Kristallformen 21
Reguläres System 21
Quadratisches System 27
Hexagonales System 29
Rhombisches System 33
Monoklines System 35
Triklines System 36
Wachstumsformen der Kristalle 37
Verwachsungen von Kristallen derselben Substanz. Zwillinge 39
Verwachsungen von Kristallen verschiedener Mineralien und Einschlüsse in Kristallen 43
Ausbildung der Kristalle 44
Pseudomorphosen 45
Amorphe Körper 47

Die physikalischen Eigenschaften der Mineralien.

Härte 47
Spaltbarkeit 48
Spezifisches Gewicht 48
Die optischen Eigenschaften 50
Erkennung der Doppelbrechung 53
Beobachtungen im Polarisationsapparat . 54
Dichroismus 57

Die chemischen Eigenschaften der Mineralien.

Die Bestandteile der Mineralien und ihre Bestimmung 58
Dimorphie und Isomorphie 60
Entstehung der Mineralien 61

Spezieller Teil.

Die Erze und ihre Abkömmlinge nebst Schwefel.

Seite

Erz 63
Erzlagerstätten 64
Gold 66
Golderze, Schrifterz, Blättererz 76.
Platin 78
Gediegen Silber und Silbererze 81
Gediegen Silber 81. Silberglanz 83. Antimonsilber 84. Hornerz 84. Rotgültigerze 85. Melanglanz 86. Argyrodit 87.
Gediegen Kupfer und Kupfererze . . . 90
Gediegen Kupfer 90. Kupfererze 93. Kupferglanz 93. Kupferkies 93. Buntkupfererz 95. Fahlerz 96. Bournonit 98. Rotkupfererz 99. Tenorit 100. Malachit 100. Kupferlasur 101. Atacamit 102. Dioptas 103. Kupfervitriol 103.
Quecksilbererze 106
Gediegen Quecksilber, Amalgam, Zinnober 106.
Bleierze 108
Bleiglanz 109. Bleiantimonglanz 110. Weissbleierz 111. Phosgenit 112. Anglesit 113. Rotbleierz 113. Pyromorphit 114. Mimetisit 114. Gelbbleierz 115.
Zinkerze 116
Zinkblende 117. Wurtzit 119. Rotzinkerz 119. Franklinit 120. Zinkspinell 120. Willemit 120. Kieselzinkerz 120. Zinkspat 121. Zinkblüte 122.
Antimonerze 124
Gediegen Antimon 124. Antimonglanz 125. Senarmontit 126. Rotspiessglanz 126.
Wismuterze 127
Gediegen Wismut 127. Wismutglanz 128.
Arsenerze 129
Gediegen Arsen 129. Auripigment 130. Realgar 130. Arsenkies 140. Arseneisen 141.
Schwefel 131
Schwefelkiesgruppe 134
Schwefelkies 135. Markasit 139. Arsenkies 140. Arseneisen 141. Magnetkies 141.
Eisenerze 142
Eisenglanz 143. Roteisenstein 145. Magneteisen 146. Chromeisenstein 148. Eisenspat 149. Brauneisenstein 150. Goethit 151.
Meteoreisen und Meteorsteine 154
Manganerze 160
Pyrolusit und Polianit 160. Psilomelan 161. Wad 161. Manganit 161. Hausmannit 162. Braunit 162. Manganspat 162. Rhodonit 162. Hauerit und Manganblende 163.
Nickelerze 165
Nickelkies 165. Rotnickelkies 165. Nickelglanz 166. Chloanthit 166. Garnierit 166.
Kobalterze 167
Kobaltglanz 168. Kobaltarsenkies 168. Speiskobalt 169. Kobaltblüte 169.

Digitized by Google

Seite

Wolframverbindungen 170
Scheelit 170. Wolframit 170.
Molybdänverbindungen 172
Molybdänglanz 172.
Uranverbindungen 173
Uranpecherz 173. Uranglimmer 174.
Zinnerze 175
Zinnstein 176.
Titanverbindungen 180
Rutil 180. Anatas 183. Brookit 183. Perowskit 184. Titanit 185. Titaneisen 186.

Die Edelsteine und ihre Verwandten.

Edelsteine 188
Die Schliffformen der Edelsteine . . . 189
Die Technik der Edelsteinschleiferei . . 191
Das Gewicht, die Bestimmung, die Verfälschungen der Edelsteine 194
Geschichtliches 196
Heilwirkungen der Edelsteine 198
Diamant 200
Graphit 209
Korund 210
Das metallische Aluminium 217.
Spinell 218
Zirkon 221
Beryll 225
Phenakit 229
Euklas 230
Chrysoberyll und Alexandrit 231
Helvin 233
Topas 234
Granat 237
Turmalin 242
Vesuvian 249
Epidot oder Pistazit 251
Cyanit 254
Andalusit 254
Staurolith 256
Axinit 256
Lasurstein 257
Türkis 259
Variscit 261
Die Mineralien der Quarzgruppe . . . 261
Bergkristall 267. Rauchtopas 268. Gelber und brauner durchsichtiger Quarz 268. Amethyst 270. Gemeiner Quarz 272. Tridymit 277. Ungestreifter Chalcedon 278. Gestreifter Chalcedon 280. · Opal 284.

Gesteinsbildende Silikate und verwandte Mineralien.

Allgemeines 288
Feldspat 293
Kalifeldspat 294. Natronfeldspat 299. Kalkfeldspat 300. Kalknatronfeldspate 301.
Feldspatähnliche Mineralien 303
Leuzit 303. Nephelin 304. Skapolith 305. Sodalithgruppe 306.

Seite

Zeolithe 307
Apophyllit 308. Chabasit 309. Analcim 310. Stilbit 310. Desmin, Phillipsit, Harmotom 311. Prehnit 314. Datolith 315.
Kaolin und Ton 316
Pyroxengruppe 318
Enstatit, Bronzit und Hypersthen 318. Diopsid 319. Augit 321. Diallag 322. Spodumen 323. Akmit 323. Wollastonit 324.
Amphibolgruppe 325
Tremolit und Strahlstein 326. Asbest 326. Hornblende 327. Krokydolith 329.
Nephrit und Jadeit 330
Glimmergruppe 335
Kaliglimmer oder Muscovit 337. Natronglimmer 339. Lithionglimmer 339. Magnesiaglimmer oder Biotit 340.
Chloritgruppe 342
Pennin 342. Klinochlor 343.
Olivin 344
Serpentin 346
Meerschaum 348
Gruppe des Talks 349
Talk 349. Speckstein 349. Agalmatolith 350.
Cordierit oder Dichroit 351
Liëvrit 352

Mineralsalze.

Allgemeines 353
Steinsalz 354
Sylvin und die Abraumsalze 365
Sylvin 367. Carnallit 369. Kainit 370. Kieserit 371. Polyhalit 371. Bischofit 372. Natriumsalze 372. Borazit 373. (Borax 375. Boronatrocalcit 376. Sassolin 376.)
Salpeter 377
Natronsalpeter 377. Kalisalpeter 379.
Flussspat 380
Kryolith 383
Die Mineralien der Kalkspat- und Aragonitgruppe 384
Die Mineralien der Kalkspatgruppe . . 386
Kalkspat 386. Magnesit 395. Dolomit 396.
Die Mineralien der Aragonitgruppe . . 398
Aragonit 398. Witherit 401. Strontianit 402.
Die Mineralien der Schwerspatgruppe . . 403
Schwerspat 403. Cölestin 407.
Gips und Anhydrit 408
Gips 409. Anhydrit 413.
Apatit 414
Monazit 418
Wasserhaltige Phosphate 420
Struvit 420. Vivianit 421. Wavellit 422. Lazulith 422.
Organische Verbindungen 423
Honigstein 423. Bernstein 423. Ozokerit 427.

Anhang.

Anleitung zum Sammeln von Mineralien 429

Digitized by Google

Verzeichnis der Tafeln.

I. Allgemeiner Teil.

Titeltafel Rauchtopas. Grosse Stufe.
1. Einfache Kristallformen und Kombinationen.
2. Wachstumsformen.
2a. Wachstumsformen von Quarz. (Lichtdruck.)
3. Pseudomorphosen.
3a. Doppelbrechung in Kalkspat. (Kunstdrucktafel.)
4. Interferenzerscheinungen der Kristalle. (Lichtdruck, Doppeltafel.)

II. Die Erze und ihre Abkömmlinge nebst Schwefel und Meteoriten.

5. Gold und Platin.
6. Gediegen Silber.
7. Gold, Silber, Kupfer. (Lichtdruck.)
8. Golderze und Silbererze I. Schrifterz, Blättererz. Silberglanz, Antimonsilber.
9. Silbererze II. Rotgültigerze, Melanglanz, Argyrodit.
10. Gediegen Kupfer.
11. Kupfererze I. Kupferglanz, Kupferindig, Kupferkies, Buntkupfererz.
12. Kupfererze II. Fahlerz, Bournonit.
13. Kupfererze III. Rotkupfererz, Malachit.
14. Kupfererze IV. Kupferlasur, Dioptas, Atacamit, Euchroit, Kupfervitriol.
15. Quecksilbererze. Gediegen Quecksilber, Amalgam, Zinnober.
16. Bleierze I. Bleiglanz, Bleiantimonglanz.
17. Bleierze II. Weissbleierz, Phosgenit, Anglesit, Rotbleierz.
18. Bleierze III. Pyromorphit, Mimetesit, Gelbbleierz.
19. Verschiedene Mineralien. (Lichtdruck.)
20. Zinkerze I. Zinkblende, Wurtzit.
21. Zinkerze II. Rotzinkerz, Franklinit, Zinkspinell, Zinkspat, Willemit, Kieselzinkerz, Zinkblüte.
22. Antimonerze I. Gediegen Antimon, Sénarmontit, Antimonglanz, Rotspiessglanz.
23. Antimonerze II. Antimonglanz, grosse Stufe.
24. Wismut- und Arsenerze. Gediegen Wismut, Wismutglanz. Gediegen Arsen, Auripigment, Realgar.
25. Schwefel.
26. Schwefelkies.
27. Markasitgruppe und Magnetkies. Markasit, Arsenkies, Arseneisen. Magnetkies.
28. Eisenerze I. Eisenglanz und Roteisenstein.
28a. Magneteisen, als natürlicher Magnet.
29. Eisenerze II. Magneteisen und Eisenspat.
29a. Magneteisen. (Lichtdruck.)
30. Eisenerze III. Goethit und Brauneisenstein.
31. Meteoriten.
32. Meteoreisen. (Lichtdruck.)
32a. Meteoriten. (Kunstdrucktafel.)
33. Manganerze I. Pyrolusit, Psilomelan, Wad.
34. Manganerze II. Manganspat, Hausmannit, Manganit.
35. Manganerze III. Nickelerze und Hauerit, Manganblende, Rhodonit. Kupfernickel, Nickelkies, Gersdorffit, Chloanthit, Garnierit.
36. Kobalterze. Kobaltglanz, Kobaltarsenkies, Speiskobalt, Kobaltblüte.
37. Wolfram-Molybdän-Uran-Verbindungen. Scheelit, Wolframit. Uranpecherz, Uranglimmer. Molybdänglanz.
38. Zinnerz. Zinnstein.
39. Titanverbindungen I. Rutil, Anatas, Brookit.
40. Titanverbindungen II. Perowskit, Titanit, Titaneisen.

Digitized by Google

III. Die Edelsteine und ihre Verwandten.

40a. Antike Gemmen. (Kunstdrucktafel.)
41. Diamant und Graphit.
42. Korund. Rubin. Saphir.
43. Spinell und Zirkon.
44. Beryll. Smaragd. Aquamarin, Goldberyll.
45. Berylliummineralien. Gemeiner Beryll, Chrysoberyll, Phenakit, Euklas, Helvin.
46. Topas.
47. Granat.
48. Turmalin.
49. Vesuvian.
50. Epidot.
51. Cyanit, Staurolith, Andalusit, Axinit.
52. Quarz I. Gemeiner Quarz, Eisenkiesel, Katzenauge, Tigerauge, Heliotrop, Chrysopras.
53. Quarz II. Zwillinge von Quarz. (Lichtdruck.)
54. Quarz III. Bergkristall, Rauchtopas, Tridymit.
55. Quarz IV. Bergkristall mit Ätzfiguren, Haarstein, Baumstein, Onyx. (Lichtdruck.)
56. Quarz V. Amethyst, Citrin.
57. Achat.
58. Opal und Calcedon.
58a. Gemma Augustea. (Lichtdruck.)

IV. Gesteinsbildende Mineralien und Verwandte.

59. Gesteinsbildende Mineralien I. Mikrophotographien: Magneteisen in Basalt; Wachstumsformen in Pechstein; Glaseinschluss in Quarz; Korrodierter Quarz; Schlackeneinschlüsse in Feldspat; Apatit. (Lichtdruck.)
60. Feldspat I. Gemeiner Feldspat.
61. Feldspat II. Adular, Sanidin, Amazonenstein, Albit, Labrador.
61a. Gesteinsbildende Mineralien II. Mikrophotographien: Labradorit, Mikroklin, Leuzit, Nephelin, Nosean. (Lichtdruck.)
62. Feldspatähnliche Mineralien. Leuzit, Nephelin, Sodalith, Nosean, Hauyn, Lasurstein, Skapolith.
63. Zeolithe I. Apophyllit, Heulandit, Analcim, Chabasit.
64. Zeolithe II. Desmin, Harmotom, Phillipsit, Natrolith, Thomsonit, Prehnit, Datolith.
65. Pyroxengruppe. Enstatit, Hypersthen, Diopsid, Augit, Spodumen.
66. Amphibolgruppe. Strahlstein, Hornblende, Krokydolith, Asbest, Nephrit.
67. Gesteinsbildende Mineralien III. Mikrophotographien: Augit, Hornblende, Magnesiaglimmer, Olivin frisch, Olivin in Serpentin umgewandelt. (Lichtdruck.)
68. Glimmer-Chloritgruppe. Muscovit, Biotit, Lithionglimmer, Pennin, Klinochlor, Leuchtenbergit.
69. Olivin, Serpentin, Talk, Cordierit, Lièvrit.

V. Die übrigen Salze und Bernstein.

70. Steinsalz, Sylvin, Kryolith, Borazit.
71. Flussspat.
72. Kalkspat I.
73. Kalkspat II.
74. Aragonit.
75. Aragonit, Witherit, Strontianit, Dolomit.
76. Schwerspat.
77. Schwerspat. (Lichtdruck.)
78. Cölestin, Anhydrit, Thenardit.
79. Gips.
80. Gips. (Lichtdruck.)
81. Apatit.
82. Phosphate (Monazit, Struvit, Vivianit, Lazulith, Türkis, Wavellit), Honigstein, Bernstein.

Digitized by Google

Vorwort.

Dies Buch ist für die Freunde der Mineralogie geschrieben und dazu bestimmt, ihr Freunde zu gewinnen. Ein Lehrbuch ist es nicht, aber es wird auch mancher etwas daraus lernen können. Auf 73 Tafeln in Farbendruck werden die wichtigsten Mineralien in natürlicher Form, Farbe und Grösse abgebildet, dazu kommen 14 Lichtdrucktafeln, 4 Kunstdrucktafeln und viele Abbildungen im Text.

Nicht jedes Mineral und jede Stufe ist zur Abbildung geeignet, es mussten solche Stücke gewählt werden, die ohne störendes Beiwerk das Mineral möglichst gut hervortreten lassen. Eine Sammlung wie die der Universität Giessen reicht hierzu nicht aus; ich habe das Werk nur durch die weitgehende Unterstützung meiner Kollegen und Freunde zustande bringen können. Die hier abgebildeten Mineralien gehören den Museen der Universitäten Bonn, Göttingen, Marburg, dem Königl. Naturalien-Kabinett in Stuttgart und dem Grossherzogl. Naturalien-Kabinett in Karlsruhe, dem Senckenbergschen Museum in Frankfurt, dem Naturhistorischen Museum in Hamburg und der Bergakademie Clausthal. Den Vorständen dieser Sammlungen, den Herren Geheimrat Professor Dr. H. Laspeyres, Geheimrat Prof. Dr. Th. Liebisch, Geheimrat Professor Dr. M. Bauer, Professor Dr. E. Fraas und Dr. Schütze, Dr. Schwarzmann, Professor Dr. Schauf, Professor Dr. Gottsche und Professor Dr. Bergeat bin ich für die leihweise Ueberlassung der kostbaren Mineralien zu grossem Dank verpflichtet, ebenso Herrn Gustav Seligmann in Coblenz, der mir die Schätze seiner Sammlung zur Verfügung gestellt hat. Einzelne Mineralien und Vorlagen verdanke ich den Herren Professor Dr. Berwerth in Wien, Professor Dr. Goldschmidt in Heidelberg, Professor Dr. Kalkowsky in Dresden, Professor Dr. Nies in Mainz, Professor Dr. A. Sauer in Stuttgart, Hermann Stern in Oberstein und Gebrüder Görlitz in Idar. Die Photographien für die meisten Lichtdrucktafeln und für viele Abbildungen im Text hat Herr Dr. Heineck aufgenommen, die Lichtdrucktafel mit den Interferenzbildern hat Herr Dr. Hans Hauswaldt in Magdeburg geliefert. Ihnen allen sage ich auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank. Grossen Dank schulde ich auch dem Verleger, der keine Kosten, und der Kunstanstalt von Wahler & Schwarz, deren Inhaber keine Mühe gescheut haben, um das Vollkommenste zu schaffen. Dass die Arbeiten im Laufe der drei Jahre, die zur Herstellung der Tafeln erforderlich waren, stetig besser geworden sind, zeigt ein Vergleich der beiden, der ersten Lieferung beigegebenen Tafeln 46 und 48, die zuerst fertig gestellt waren, mit der Rauchtopas-Tafel, die unter den letzten sich befunden hat. Die Kristallzeichnungen sind den bekannten Werken von Dana, Groth, Kokscharow, Naumann-Zirkel, Tschermak und andern entnommen; Literatur habe ich im einzelnen nicht angegeben, nur wenige Hauptwerke genannt.

Bei der Beschreibung habe ich mich bemüht, mich immer so klar und verständlich auszudrücken, wie der Stoff es erlaubt; ich hoffe doch, dass jeder das meiste ohne weiteres verstehen kann.

Digitized by Google

Vorwort.

Der Beschreibung der Mineralien geht ein allgemeiner Teil voraus, in dem das wichtigste über die Form, die physikalischen Eigenschaften und die chemische Zusammensetzung der Mineralien gesagt wird, nicht mehr als zum Verständnis des folgenden notwendig ist. Bei der Behandlung und Anordnung der Mineralien im speziellen Teil wurde auf ihre Verwendung besonders Rücksicht genommen, sie sind daher nicht nach einem der Systeme geordnet, die in den Lehrbüchern der Mineralogie angenommen sind, sondern nach ihrer Verwendung und der Rolle, die sie im Haushalt der Natur spielen. So umfasst der erste Abschnitt die Erze und ihre Abkömmlinge mit 32 farbigen Tafeln und 3 Lichtdrucktafeln; an die eigentlichen Erze sind hier die Mineralien angeschlossen, die aus ihnen durch Verwitterung hervorgehen an Bleiglanz Weissbleierz, Pyromorphit und andere Bleisalze, an die Kupfererze Malachit und Kupferlasur. Bei jedem Metall ist die Produktion aus einem der letzten Jahre, soweit sie ermittelt werden konnte, angegeben. Als Anhang zu den Eisenerzen werden die Meteoriten behandelt und auf einer kolorierten Tafel, einer Lichtdrucktafel und einer Kunstdrucktafel abgebildet.

Der zweite Teil handelt über die Edelsteine und ihre Verwandten und enthält 16 Tafeln in Farbendruck, 3 Lichtdrucktafeln und 1 Kunstdrucktafel. An Diamant ist hier Graphit angeschlossen, auf Korund folgen die Mineralien, aus denen Aluminium dargestellt wird. Manches von dem, was hier mitgeteilt ist, verdanke ich Herrn Hofjuwelier Koch und Herrn Tornow in Frankfurt a. M., Herrn Görlitz und Herrn Hermann Wild in Idar.

Im dritten Teil sind die meist unscheinbaren gesteinsbildenden Mineralien vereinigt, soweit sie nicht schon vorher (Quarz) ihren Platz gefunden haben. Hier wird auch das Mikroskop mit herangezogen und auf 3 Lichtdrucktafeln werden Mineraldurchschnitte aus Gesteinen abgebildet, während die Mineralien selbst auf 9 kolorierten Tafeln abgebildet sind.

Im letzten Abschnitt lernen wir auf 11 Tafeln in Farbendruck und 2 Lichtdrucktafeln die Mineralien kennen, die wir im täglichen Leben benutzen, wie das Salz, oder die wichtige Nährstoffe für die Pflanzen enthalten, wie Apatit, oder solche, aus denen der Chemiker im grossen die Stoffe darstellt, die für die Industrie oder das Leben unentbehrlich geworden sind. Am Schluss findet Bernstein einen Platz, der, streng genommen, kein Mineral ist, aber doch nach altem Brauch zu den Mineralien gerechnet wird.

Bei der Verteilung der Mineralien auf die Tafeln musste ich auf den Raum Rücksicht nehmen, und wenn das eine oder andere nicht da steht, wo man es vielleicht erwarten könnte, so hat dies hierin seinen Grund. Während die Tafeln zusammengestellt wurden, stellte es sich als wünschenswert heraus, mehr zu geben als geplant war. Da der Rahmen durch bereits ausgedruckte Tafeln festgelegt war, mussten die überzähligen (als **2a**, **29a** u. s. w.) eingeschoben werden.

Mit Zagen bin ich an das Werk gegangen, durch allseitige Unterstützung ist es, wie ich hoffe, gelungen. So möge das Buch in die Welt gehen, den Freunden der Mineralien zur Freude, den Kennern zum Genuss, den Lernenden zur Anregung, den Lehrern zur Vertiefung, den Männern der Praxis zum Nutzen, unserer Wissenschaft aber zur Förderung und Verbreitung in immer weitere Kreise.

Giessen, den 15. September 1903.

Reinhard Brauns.

Einleitung.

Das Mineralreich.

Das Mineralreich ist das Reich der starren und leblosen Steine, die unsere Erdkruste aufbauen und in ihr sich finden. Leblos sind die Steine, aber sie spenden die Nahrung für alles Leben auf der Erde, das die Kraft der Sonne erweckt und erhält. Grund genug, dass wir nicht ganz achtlos an ihnen vorübergehen. Viele erfreuen uns unmittelbar durch ihre prächtigen Farben und den lebhaften Glanz, wir schätzen an ihnen ihre hohe Härte, die sie vor Zerstörung bewahrt. Wie die Pflanzen den vergänglichen, liefern die Edelsteine den unvergänglichen Schmuck für die Schönen aller Völker und Zeiten. So täuschend sie auch nachgeahmt werden, keine Farbe übertrifft die liebliche Frische der Edelsteine, niemals kann ein Glasfluss ihre Härte erreichen, strahlend »herrlich wie am ersten Tag« erheben sie sich über die gleissenden, vergänglichen Fälschungen und werden ihren Besitzer noch lange erfreuen, wenn diese schon längst trübe und matt geworden, den Weg allen Glases gegangen sind.

Die Edelsteine dienen nur zum Schmuck, die Lebensformen der Menschen, wie sie sich in Jahrtausenden entwickelt haben, werden von ihnen nicht beeinflusst. Wer aber könnte sich die heutige Gesellschaft vorstellen, ohne Gold und Silber, Kupfer und Eisen? Und wieder sind es die Steine, die alle diese Stoffe enthalten; freilich nicht immer zeigen die Metalle schon in den Steinen ihre bekannten Eigenschaften, in ein fremdes Gewand sind viele gekleidet, weil sie nur so in der Erdkruste bestehen können und es gilt, sie auch in diesem Gewand kennen zu lernen. Es sind die Erze, die der Bergmann in mühsamem Ringen dem Schosse der Erde abgewinnt; ihm danken wir es, dass wir das Material haben für Werkzeug und Maschinen, Eisenbahn uud Telegraph, dass wir Gold als Wertmesser haben für die irdischen Güter. Mit mehr Recht als jemals zuvor kann heute der Bergmann von sich sagen:

Der ist der Herr der Erde
Der ihre Tiefen misst
Und jeglicher Beschwerde
In ihrem Schoss vergisst.

Der ihrer Felsenglieder
Geheimen Bau versteht
Und unverdrossen nieder
Zu ihrer Werkstatt geht.

Neben den Edelsteinen und Erzen spielen auch die unscheinbaren Steine eine Rolle, die einen sind Teile unserer Bausteine, andere liefern den bindenden Mörtel; Glas und Porzellan, Schwefelsäure und Soda wird aus Steinen hergestellt, sie bilden das Roh-

Digitized by Google

material, aus dem unsere blühende chemische Industrie ihre wertvollen Produkte darstellt; zu jeder Stunde benutzen wir Dinge, deren Stoff aus dem Mineralreich stammt. Zu einem Besuch in diesem Reiche wollen wir uns rüsten.

Die Grenzen des Mineralreichs.

Das Mineralreich ist ein Weltreich im wahren Sinn des Worts, die ganze Erde umfasst es, und die Boten, die als Meteorsteine aus dem Weltenraum zu uns gekommen sind, verkünden, dass sein Reich sich auch auf deren Heimat erstreckt; wir glauben annehmen zu dürfen, dass die Stoffe aller erstarrten Gestirne zum Mineralreich gehören und wo

Fig. 1.

Korallenkalk von Bieber bei Giessen.

Fig. 2.

Kalkspat in zerfressenem Korallenkalk. Bieber bei Giessen.

wäre da seine Grenze? Von diesem ungeheuren Reich haben sich, ähnlich wie bei den von Menschen errichteten »Weltreichen«, einzelne Teile mehr oder weniger selbständig gemacht und stehen zum ganzen Mineralreich nur noch in lockerem Zusammenhang, wie Kolonien zu ihrem Mutterland. So hat sich von dem Mineralreich abgezweigt das Reich der Versteinerungen, das alle im Schosse der Erde seit derem Beginn begrabenen und noch erhaltenen Reste von Tieren und Pflanzen umfasst. Oft zeigt nur noch ihre Gestalt ihre Abstammung an, ihr Stoff ist Stein und im festen Fels sind sie gebettet. Wie alles, was lebt, von

Digitized by Google

dem Mineralreich ausgeschlossen ist, so wird auch alles, was lebend war, von ihm getrennt, solange diese Reste noch irgend welche Spuren von dem ehemals lebenden Wesen zeigen. Erst wenn der durch Leben aus der Erde aufgenommene und im Leben geformte Stoff in der Erde wieder umgeformt ist, scheidet er aus dem Reiche der Versteinerungen wieder aus. Der in die Kolonie Ausgewanderte kehrt in das Mutterland zurück. Betrachten wir z. B. einen Kalkstein, Figur 1, der geschliffen und poliert als Tischplatte so häufig verwendet wird, so sehen wir mancherlei Zeichnung, in der wir bei näherem Zusehen deutliche Durchschnitte von Korallen erkennen. Wir verweisen diese und damit den ganzen Stein, der fast vollständig aus Korallenresten besteht, in das Reich der Versteinerungen. Ein solcher Kalkstein kann aber in der Erde durch Vorgänge, die sich da abspielen, solche Aenderungen erfahren, dass aus ihm scharfkantige und ebenflächige Gestalten, die wir Kalkspatkristalle nennen, hervorgehen, Figur 2, an denen keine Spur von Korallen- oder anderen Tierresten mehr nachzuweisen ist; er ist damit aus dem Reiche der Versteinerungen ausgeschieden und in das Mineralreich wieder eingetreten, aus dem ursprünglich sein Kalkgehalt stammte. Das in Figur 2 abgebildete Stück ist in demselben Steinbruch gefunden, wie das erste, aber der Korallenkalk ist zerfressen, er ist von den Lösungen, die in der Erde über ihn hingerieselt sind, zum Teil aufgelöst und aus der Lösung haben sich auf Spalten die neuen klaren Formen abgeschieden, ihre Substanz ist die des Korallenkalks, ihre Form aber nicht mehr die von Korallen.

Die Versteinerungen trennen wir von dem Mineralreich ab und verweisen sie in das Reich, das die Paläontologie wissenschaftlich zu durchforschen bestrebt ist; sie bilden mit allem was lebt und gelebt hat, die organische Welt, deren einfachstes Glied wir in der lebenden Zelle, deren höchstes in dem Menschen erblicken.

Gestein und Mineral.

Der organischen Welt steht die anorganische gegenüber, die ohne Leben ist und war, deren Glieder weder Organe zum Leben, noch Zellen als die Form des Lebens besitzen; sie umfasst die eigentlichen Steine, aus welchen das Gewölbe unserer Erde in gewaltigen Massen zusammengefügt ist, und die Mineralien, welche die Gesteine bilden oder sonstwo in der Erde sich finden: das Reich der Gesteine und der Mineralien. Wo aber liegt zwischen diesen die Grenze? Was ist ein Mineral und was ein Gestein, welche Glieder der anorganischen Welt gehören zu dem Mineralreich im engeren Sinne?

Die Antwort ist nicht immer in demselben Sinne gegeben worden, die Grenze ist erst mit dem Fortschritt unserer Erkenntnis schärfer gezogen. Wir können sagen, die Mineralien sind die Einzelwesen in dem Mineralreich, die Gesteine Vereinigungen von Mineralien zu einer geschlossenen Gesellschaft. Der Gegensatz ist kein so schroffer wie der zwischen Mineral und Versteinerung; beide, Mineral und Gestein gehören zur anorganischen Welt und ein Gestein besteht aus einzelnen Mineralien.

Ein bekanntes Gestein ist der Granit; leicht sehen wir, dass er aus verschiedenartigen Stückchen besteht, dunklen, glänzenden Blättchen, rötlichen, matten, und grauen, wie Glas glänzenden Körnern. Jede einzelne Art ist ein Mineral, die dunklen Blättchen heissen Glimmer, die rötlichen Körner Feldspat, die grauen Quarz, und die Gesellschaft dieser Mineralien bildet das Gestein Granit.

Oft lässt sich aber einem solchen Stein nicht ansehen, ob er ein Einzelwesen oder eine Gemenge von solchen, ein Mineral oder ein Gestein ist. Da hilft die mikroskopische oder die chemische Untersuchung; ein Mineral erweist sich bei der Prüfung

mit dem Mikroskop als gleichartig in allen seinen Teilen, als homogen, ein Gestein als ungleichartig, aus verschiedenen Mineralien zusammengesetzt. Entscheidend in allen Fällen ist die chemische Untersuchung; die Mineralien enthalten entweder nur einen Stoff, ein Element, oder mehrere solcher, dann aber diese immer in einem durch einfache, ganze Zahlen ausdrückbaren Verhältnis miteinander vereinigt, als chemische Verbindung; die Gesteine enthalten immer mehrere Elemente und diese sind nicht in einem solch einfachen Verhältnis miteinander verbunden, die Gesteine sind keine chemischen Verbindungen, sondern Gemenge von solchen.

Unsere vorher aufgeworfene Frage, was ist ein Mineral und was ein Gestein können wir nun dahin beantworten:

Mineralien sind die in der Erde sich findenden Elemente und anorganischen chemischen Verbindungen, Gesteine sind Gemenge von Mineralien.

Verbindungen, die der Chemiker in seinem Laboratorium darstellt, sind demnach keine Mineralien, auch wenn sie sonst deren Eigenschaften besitzen, weil sie sich nicht in der Erde gebildet haben. Mineralien sind immer Naturprodukte.

Ein Mineral ist das in der Erde vorkommende Kupfer, es ist ein Element für sich; kein Mineral aber ist das aus seinen Erzen ausgeschmolzene Kupfer, weil es durch Zutun der Menschen gewonnen ist. Ein Mineral ist Schwefelkies, er enthält die beiden Elemente Eisen und Schwefel in dem einfachen Verhältnis 1:2, kein Mineral aber ist Obsidian, obwohl er oft in sich gleichartig ist, denn er ist keine chemische Verbindung, sondern ein Gemenge; kein Mineral ist chlorsaures Natrium, obwohl es eine chemische Verbindung ist, denn es findet sich nicht in der Erde. Keine Mineralien sind Perlen und Korallen, weil sie von lebenden Tieren erzeugt und Produkte der organischen Welt sind, kein Mineral ist Bernstein, weil er von Pflanzen abstammt; aber die Pflanzen sind ausgestorben und Bernstein findet sich frei in der Erde, darum wird er oft für ein Mineral angesehen und nach altem Brauch den Mineralien angereiht und auch wir wollen ihm am Schluss einen kleinen Platz gönnen.

Eine besondere Wissenschaft, die Mineralogie, hat sich die Erforschung der Mineralien zur Aufgabe gestellt. Ohne Rücksicht darauf, ob ein Mineral irgendwie verwertet werden kann, will sie alle seine Eigenschaften ermitteln, sein Vorkommen in der Erde, sein Werden und Vergehen verfolgen.

In diesem Werk wollen wir nicht alle Mineralien vorführen, manche sind selten und haben nur wissenschaftliches Interesse, andere kommen nur in so kleinen Formen vor, dass man sie im Bild nicht wiedergeben kann, und andere sind so unscheinbar, dass sie im Bild nichts bieten. Die wichtigen von diesen werden wir nennen, die unwichtigen übergehen. Zunächst wollen wir uns mit den Eigenschaften und Eigenheiten der Mineralien im allgemeinen vertraut machen, und wie man bei der Heimatskunde mit dem nächstliegenden beginnt und allmählich in weitere Kreise dringt, so wollen auch wir mit dem beginnen, was sich zuerst dem Auge bietet, der äusseren Form, und ich will versuchen, den Leser so zu führen, dass er mit dem Wesen der Form vertraut wird, dabei aber von Zahlen und Formeln nicht mehr sieht, als notwendig zu sein scheint.

Jedes Mineral hat seine besonderen Eigenschaften, an denen es immer wieder erkannt und von anderen Mineralien unterschieden werden kann. An den Mineralien, die wir als Bestandteile des Granits genannt haben, können wir uns schon hiervon überzeugen. Von den dunklen Glimmerplättchen lassen sich mit einem Messer dünne Blättchen abheben, diese lassen sich weiter spalten, die Trennungsfläche ist glatt und zeigt starken Glanz, wird aber durch das Messer leicht geritzt und verletzt. Die rötlichen Feldspatkörner sind im Gestein ebenfalls oft glatt durchgebrochen, es kostet aber schon einige Mühe, ein Stückchen parallel zu dieser Bruchfläche abzusprengen und so dünn wie ein Glimmer-

plättchen wird es nicht, vom Messer wird es dabei kaum geritzt. Von dem grauen Quarz bekomme ich im besten Fall nur kleine Splitter, die wie Glassplitter aussehen, scharf und kantig ohne ebene Bruchflächen sind; von dem Messer werden sie dabei gar nicht geritzt, eher bricht das Messer ab oder wird stumpf. So besitzen diese drei Mineralien verschiedene Teilbarkeit und verschiedene Härte; prägen wir dazu uns ihr Aussehen recht genau ein, so werden wir sie nach ihren Eigenschaften immer wieder erkennen. Noch besser gelingt uns dies, wenn die Mineralien nicht im Gestein miteinander gemengt sind, sondern jedes einzelne sich frei ausbilden konnte und als Kristall uns vor Augen tritt.

Die Form der Mineralien.

Kristalle.

In einem Steinbruch, in dem Granit gebrochen wird, sehen wir manchmal kleine Höhlungen und klaffende Spalten, deren Wände mit festgewachsenen Mineralien bekleidet sind. Wir erkennen in ihnen wieder den glatt durchbrechenden matten und trüben Feldspat (Fig. 1 auf Tafel 1 oben), den harten glasglänzenden Quarz (unten), vielleicht auch den glänzenden Glimmer, aber neu ist uns ihre Gestalt. Die Mineralien, die wir im Granit nur in Körnern kennen gelernt haben, treffen wir hier in ebenflächigen, kantigen und spitzen Formen, wie wir sie wohl ähnlich schon von Menschenhand geschnitten und geschliffen gesehen haben, die hier aber im Fels entstanden sein müssen, denn sie sind erst bei einem neuen Anbruch blossgelegt, kein Menschenauge hatte sie bis dahin gesehen, keine Menschenhand berührt.

Ihre Form ist verschieden und wir können beide Mineralien, oder, wenn auch der Glimmer dabei ist, alle drei genannten danach bald ebenso unterscheiden, wie vorher nach ihren anderen Eigenschaften. Der Glimmer bildet dünne, sechsseitige Tafeln, die nach der Tafelfläche die uns schon bekannte leichte Trennbarkeit besitzen; der Feldspat hat dickere Form mit mehreren breiten matten Flächen, der Quarz gedrungene Säulen mit glänzenden Flächen, wir zählen sechs gestreifte Flächen an der Säule und sechs glatte an der Spitze (siehe Tafel 1, Figur 1).

Wer hat diese Form geschaffen und für jedes Mineral eine andere gebildet? Wenn wir nicht an Berggeister und Kobolde glauben, können wir nur antworten, das Mineral selbst hat sich die Form gebaut, wie die Schnecke ihr Haus. Sein lebloser Stoff besitzt die Fähigkeit, eine von ebenen Flächen begrenzte Form anzunehmen. In welchen Eigenschaften diese Fähigkeit begründet ist, wissen wir nicht. Da wir zur Zerstörung der Form eine gewisse Kraft anwenden müssen, nehmen wir an, dass auch zu ihrem Aufbau und zu ihrer Erhaltung Kraft gehört hat, und sagen wohl, dass ein Mineralstoff durch die ihm innewohnenden Kräfte seine Form sich schaffe. Eine solche von ebenen Flächen begrenzte und von dem Mineral gebaute Form nennen wir Kristall. Das Wort stammt aus dem Griechischen und bedeutet ursprünglich Eis; dann wurde der wie Eis durchsichtige Quarz, der in Granithöhlungen der eisstarrenden Berge in den Alpen sich findet, Kristall genannt, weil er für Eis gehalten wurde, das durch lange und starke Kälte so hart geworden war, dass es nun nicht mehr schmelzen kann; in diesem Glauben wurde man nur noch bestärkt durch Einschlüsse mitten im Kristall, die wie Gras aussehen, Figur 9 auf Tafel 54. Der Name Kristall ist dann später auf die natürliche regelmässige Form der Mineralien überhaupt übertragen worden.

Zu Hause können wir uns leicht davon überzeugen, dass die Fähigkeit, Kristalle zu bilden, auch andere Körper als nur Mineralien besitzen. Wenn man 12 g Kalialaun, den man in jeder Apotheke bekommt, in 100 g warmen Wassers auflöst und dann eine Nacht über ruhig stehen lässt, findet man in der Lösung statt des Pulvers, das hineingebracht war, viele von ebenen, glänzenden Flächen begrenzte Alaunstücke, Formen, die der Alaun gebildet hat und die demnach gleichfalls Kristalle sind. Mit einem Mineral haben sie gemeinsam, dass jeder in sich vollkommen gleichartig ist, sie unterscheiden sich von ihm dadurch, dass sie mit unserm Zutun entstanden sind, indem der Chemiker ihre Substanz dargestellt, wir die Substanz durch Erwärmen in Wasser gelöst und durch Abkühlen wieder haben fest werden lassen, während die Mineralien ohne unser Zutun in der Erde sich bilden und zu Kristallen sich formen. Die Kristalle der Mineralien nennen wir daher auch die natürlichen Kristalle, im Gegensatz zu den künstlichen, zu deren Entstehung menschliche Tätigkeit in irgend einer Weise mitgeholfen hat, nicht indem sie die Form gebildet hat — dies vollbringt immer die Substanz — sondern indem sie die Möglichkeit zur Bildung dieser Form gegeben hat. **Wir nennen somit Kristall einen von ebenen Flächen umschlossenen Körper, dessen Form von seiner eigenen Substanz geschaffen ist.**

Bei der Entstehung der Alaunkristalle haben wir sehen können, dass die in der Lösung liegenden Kristalle zuerst klein waren und allmählich grösser geworden sind, sie sind gewachsen, indem sie den hierzu nötigen Stoff der Lösung entnommen haben. Auch alle natürlichen Kristalle sind gewachsen, zuerst waren sie klein und sind allmählich in unendlich langen Zeiträumen so gross geworden wie wir sie jetzt finden.

Einfache Kristallform und Kombination.

Noch etwas können wir an Kristallen, die uns bis jetzt begegnet sind, bemerken, dass nämlich die Flächen eines Kristalls äusserlich nicht immer einander gleich sind. So sehen wir, dass an dem Quarz die Säulenflächen gestreift (Fig. 1 auf Taf. 1), die Flächen an dem Ende aber glatt sind, dass von einem Glimmerkristall nach der einen Fläche sich Blättchen abtrennen lassen, nach der anderen nicht. Sehen wir uns weiter unter den Kristallen um, so finden wir leicht noch andere, deren Flächen verschieden sind; z. B. an Kalkspat finden wir eine sechsseitige Säule mit glatten glänzenden Flächen, an ihrem Ende aber eine matte weisse Fläche (Tafel 1, Figur 2). An einem andern Mineral, das uns als Flussspat (vergl. unten), bezeichnet wird, finden wir sechs glänzende Flächen, die, soviel wir sehen können, senkrecht aufeinander stehen, und acht matte, rauhe dreieckige Flächen (Tafel 1, Figur 3); dass die Verschiedenheit nicht zufällig, sondern im Wesen der Kristalle begründet ist, ergibt sich daraus, dass wir parallel zu den matten Flächen Blättchen absprengen können, parallel zu den glänzenden Flächen aber nicht.

Andere Kristalle wieder begegnen uns, deren Flächen alle einander gleich sind z. B. Flussspat, an dem nur die sechs glänzenden aufeinander senkrechten Flächen auftreten, Fig. 4, Tafel 1, oder ein anderer Flussspat, der von acht matten Flächen begrenzt ist, Figur 5, Tafel 1, die wir dadurch als gleich erkennen, dass wir nach jeder der acht Flächen mit gleicher Leichtigkeit ein Blättchen abspalten können und dann eine der früheren gleiche Form erhalten (Fig. 6, eine aus farblosem Flussspat hergestellte Spaltungsform), die jetzt von den 8 angespaltenen Flächen begrenzt ist.

Einen solchen Kristall, dessen Flächen alle einander gleich sind, nennt man eine Einfache Kristallform (Fig. 4, 5, 6), einen solchen, dessen Flächen verschieden sind, eine Kombination (Fig. 2, 3, 8), weil an ihm mehrere einfache Formen vereinigt, kombiniert sind.

Einfache Kristallformen bekommen besondere Namen, z. B. heisst die von den acht gleichen Flächen begrenzte Form Oktaeder, die von den sechs gleichen, senkrecht aufeinander stehenden Flächen begrenzte Form heisst Würfel; die vorher zuerst genannte Flussspatform ist eine Kombination von Würfel und Oktaeder. Die anderen Namen der einfachen Kristallformen werden wir später kennen lernen.

Die Beschaffenheit der Kristallflächen.

Aus dem eben Gesagten ergibt sich, dass es nicht ganz gleichgültig ist, ob eine Kristallfläche glänzend oder matt, gestreift oder ungestreift ist, wenn wir auch nur daraus sehen, ob eine einfache Kristallform oder eine Kombination vorliegt, manchmal können wir noch mehr daraus erkennen. Es wird oft gesagt, im idealen Zustand sollten die Kristallflächen eben und glänzend sein; die Kristalle wären dann recht charakterlose Gestalten, alle Verschiedenheit, die sie nach ihrem inneren Bau besitzen, wäre verwischt. Die Natur aber meidet die Schablone, sie bildet Charakter selbst bei den leblosen Mineralien und tatsächlich zeigen die Kristallflächen recht mannigfache Beschaffenheit, entsprechend ihrer, im Wesen der Kristalle begründeten Verschiedenheit. Es gibt wohl vollkommene, ebene und glänzende Flächen und der Kristallograph schätzt diese besonders hoch, aber oft sind sie matt, drusig oder gestreift und dieselbe Kristallform kann nach der Beschaffenheit der Flächen doch verschieden sein. Ein Würfel z. B. kann von ganz glatten Flächen begrenzt sein, wie der in Figur 4 der Tafel 1, er kann aber auch nach einer Kante wie der in Figur 1 auf Tafel 26 oder nach einer Diagonale wie der in Fig. 4 auf Tafel 20 oder nach beiden Kanten (etwa Figur 2 auf Tafel 16) oder beiden Diagonalen gestreift sein; in der Form gleich, wären diese Würfel in ihrem Wesen verschieden. Wir werden später noch sehen, inwiefern diese Streifung Bedeutung hat.

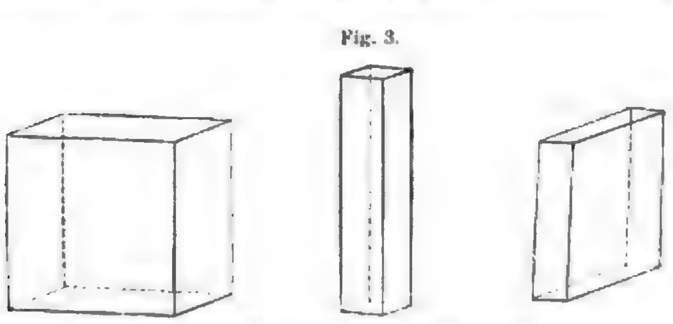
Das Wesentliche einer Kristallform.

Die Form der Mineralien haben wir bisher nur insoweit betrachtet, als sie sich ohne weiteres dem Beobachter darbietet, und dabei schon bemerkt, dass verschiedene Mineralien verschiedene Form besitzen, haben aber noch gar nicht festgestellt, was eigentlich das Wesentliche an den Kristallformen sei. Dass die Grösse der ganzen Form keine wesentliche Eigenschaft sei, haben wir bei unserem Versuch mit Alaun sehen können, grosse und kleine Kristalle haben sich dabei gebildet und die kleinen sind grösser geworden, ohne sich sonst irgendwie merkbar zu verändern. Ebenso unwesentlich ist natürlich die Grösse der einzelnen Flächen, da sie sich mit der des Kristalls ändern muss und unwesentlich ist im allgemeinen auch ihr Umriss, der von der Grösse der umliegenden Flächen abhängt, und, wenn diese alle gleich gross sind, anders ist als wenn sie verschieden gross sind. Am Alaun können wir uns auch davon überzeugen, alle seine Kristallformen sind im Wesen gleich, verschieden ist nur ihre Grösse und die Grösse und der Umriss der Flächen, je nachdem der Kristall während seines Wachsens so oder anders gelegen hat. Dasselbe sehen wir an klaren Würfeln von Steinsalz, von denen wir nach jeder der sechs aufeinander senkrechten Flächen mit gleicher Leichtigkeit Blättchen absprengen können; die Flächen ändern hierbei wohl die Form ihres Umrisses und werden lang rechteckig, Figur 3 (S. 12), wenn ich von der einen Seite mehr abspalte als von der andern, sie werden aber wieder quadratisch, wenn ich nun

von den anderen Flächen genügend absprenge, trotz des verschiedenen Umrisses sind die Flächen physikalisch gleich und schneiden sich immer unter 90°, die Gestalt als Kristallform heisst darum immer ein Würfel, weil sechs physikalisch gleiche Flächen sich unter 90° schneiden.

Von den Eigenschaften einer Kristallgestalt bleiben somit, wenn Grösse und Umriss der Form als veränderlich erkannt sind, nur noch als unveränderlich und darum wesentlich die Winkel übrig, unter denen sich die Kanten und die Flächen schneiden und diese können wir in der Tat schon durch rohe Versuche mindestens insofern als wesentlich erkennen, als wir finden, dass bei dem gleichen Mineral dieselben Winkel wiederkehren, bei verschiedenen Mineralien aber verschiedene. Wenn wir auf die gestreifte Fläche eines Quarzkristalls einen zweiten mit einer gleichen Fläche so legen, dass die Streifen der beiden parallel sind, dann können wir uns davon überzeugen, dass zu jeder Fläche an dem einen Kristall eine an dem andern parallel ist, was nur dann möglich ist, wenn die gleichliegenden Flächen beider Kristalle gleiche Winkel miteinander bilden. Wenn ich ein rhombisches Spaltungsblättchen von Gips mit einem zweiten decke, so finde ich leicht, dass die stumpfen Winkel beider einander gleich sind und wieder die spitzen, ebenso sehe ich, dass wenn ich auf ein Spaltungsstück von Kalkspat ein anderes so lege, dass eine Fläche des einen einer solchen des andern parallel ist, die beiden Stücke überhaupt parallel, ihre Winkel also gleich sind. Lege ich aber ein Spaltungsstückchen von Gips auf ein solches von Kalkspat, so kann ich den Gips drehen wie ich will, nie wird es mir gelingen, ihn so zu legen, dass zu jeder Fläche von ihm eine von Kalkspat parallel ist, weil die Winkel der beiden Mineralien verschieden sind.

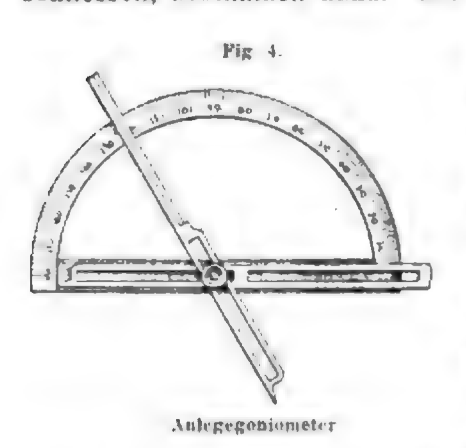
Fig. 3.



Würfelige Spaltungsstücke (von Steinsalz)

Will ich die Gleichheit oder Verschiedenheit der Kristallwinkel genauer ermitteln, so darf ich mich auf mein Augenmass allein nicht mehr verlassen, ich habe besondere Instrumente zur Messung nötig, die Goniometer genannt werden, und zwar werden meist solche benutzt, mit denen man den Winkel, den je zwei Flächen miteinander einschliessen, bestimmen kann. Bei den feinen Instrumenten macht man von den Gesetzen der Reflexion des Lichtes Gebrauch, sie heissen darum Reflexionsgoniometer, und sie können so gebaut werden, dass die Winkel guter Kristalle mit vollkommen ebenen und glänzenden Flächen bis auf wenige Sekunden genau bestimmt werden können. Man findet diese Goniometer in den Lehrbüchern der Mineralogie beschrieben, hier wollen wir nur ein ganz einfaches Goniometer, das bei der Bestimmung grösserer Kristalle schon recht gute Dienste leistet, kennen lernen, das Anlegegoniometer, so genannt, weil Teile von ihm bei der Messung der Winkel an den Kristall angelegt werden.

Fig. 4.



Anlegegoniometer

Das meist aus Metall hergestellte Anlegegoniometer, Fig. 4, besteht aus einem, in 180° geteilten Halbkreis, dessen beide Enden durch eine Schiene fest verbunden sind. In der Mitte trägt diese einen dünnen Zapfen, in die die beiden, durch eine Schraubenmutter verbundenen

Schienen hineinpassen; die eine davon wird auf die feste Schiene fest aufgelegt, die andere ist über dem Halbkreis beweglich und rechts so abgeschrägt, dass diese Kante in ihrer Verlängerung genau durch den Mittelpunkt des Kreises hindurchgeht. Will man nun einen von zwei Flächen eingeschlossenen Winkel messen, z. B. den, den die eine aufrechte Fläche des Kristalls Nr. 9 auf Tafel 1 mit der andern aufrechten Fläche bildet, so legt man die feste Schiene so auf die erste Fläche, dass sie ihr genau parallel geht, führt dann mit dem Zeigefinger der rechten Hand die bewegliche Schiene so, dass sie der andern Fläche genau parallel wird, und liest an der abgeschrägten (rechten) Seite der Schiene die Grade ab, dies ist dann der Winkel, den die beiden Flächen miteinander bilden; es sind hier 120°, das wäre der Winkel, den die beiden aufrechten Flächen des Kristalls Fig. 9 miteinander einschliessen.

Wenn so mit Hilfe eines Goniometers die Winkel von Kristallen gemessen werden, findet man immer den Satz*) bestätigt, dass bei demselben Mineral gleichliegende Flächen sich stets unter den gleichen Winkeln schneiden. Bei Quarz z. B. bilden je zwei benachbarte Flächen, welche an dem Ende der Säule auftreten, Fig. 9 auf Tafel 1, immer einen Winkel von 133° 44′. Bei Kalkspat schneiden sich zwei Spaltungsflächen immer unter dem Winkel von 105° 5′ und bei einem rhombischen Spaltungsblättchen von Gips betragen die stumpfen Winkel auf dem glatten Spaltblättchen 113° 46′. Man kann somit an den gemessenen Winkeln ein Mineral wieder erkennen und verschiedene Mineralien unterscheiden, man kann auch eine Form, deren Winkel man kennt, immer wieder bestimmen, wenn auch ihre Gestalt durch ungleiche Grösse der Flächen recht mannigfaltig ist, wenn statt der idealen Gestalt sog. Verzerrungen vorliegen.

Verzerrungen.

Die Spaltungsstücke von Steinsalz haben uns schon gezeigt, dass an einem Kristall die Flächen, welche physikalisch gleich sind, an Grösse recht verschieden sein können, sodass ein Würfel von grossen und kleinen rechteckigen Flächen begrenzt sein kann. Eine Form, an der die physikalisch gleichen Flächen gleiche Grösse besitzen, nennt man eine ideale Kristallform und in Zeichnungen und Modellen pflegt man in der Regel nur solche darzustellen, in der Natur kommen sie streng genommen kaum vor, meist sind die Kristalle durch ungleiche Grösse der physikalisch gleichen Flächen »verzerrt«, oft nur wenig, oft recht beträchtlich, immer kann man aus der Flächenbeschaffenheit oder den Winkelwerten die Form bestimmen. So ist an dem in Fig. 9 auf Tafel 1 abgebildeten Bergkristall die Säule recht regelmässig ausgebildet, charakteristisch für sie ist die zur Säulenkante senkrechte Streifung der Flächen und der Winkel von 120°, den jede Säulenfläche mit der benachbarten bildet. An dem in Fig. 1 auf Tafel 2a abgebildeten Bergkristall ist diese Säule stark verzerrt, eine Fläche mit der gegenüberliegenden ist sehr breit, die anderen sind schmal, es ist aber doch dieselbe Säule, die Streifung hat dieselbe Richtung und der Winkel ist der gleiche. Ein nahezu ideales Oktaeder ist das in Fig. 1 auf Tafel 2 oder Fig. 6 auf Tafel 1 abgebildete, seine Flächen schneiden sich in einem Winkel von 109° 28′ 16″, verzerrte Oktaeder sind die von Magneteisen in Fig. 3 und 4 auf Tafel 29, die Flächen sind sehr ungleich gross aber einander physikalisch gleich und schneiden sich unter dem gleichen Winkel wie die des idealen Oktaeders. Auf unsern Tafeln sind die Kristalle alle in ihrer natürlichen Gestalt ab-

*) Das Gesetz von der Konstanz der Neigungswinkel, im Jahre 1669 von Nicolaus Steno gefunden.

Digitized by Google

gebildet, bei einiger Übung wird man die Idealgestalt daraus erkennen und bald gewöhnt man sich wenigstens an geringe »Verzerrung« derart, dass man sie kaum mehr beachtet, und wir erblicken in der Verzerrung keinen Mangel, ziehen vielmehr die individuelle Ausbildung der Idealgestalt vor.

Die gesetzmässigen Beziehungen in der gegenseitigen Lage der Kristallflächen.

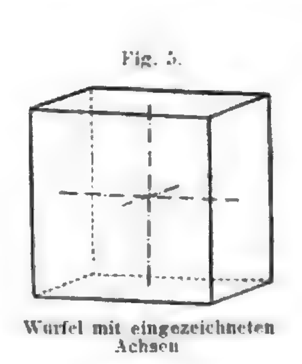
Die verschiedenen Flächen, die an den Kristallen eines Minerals auftreten, stehen in gesetzmässiger Beziehung zueinander, die wir nun etwas weiter verfolgen wollen. Von der Tatsache, dass überhaupt solche Beziehungen bestehen, können wir uns leicht überzeugen; am ersten fällt uns wohl das auf, dass die Kristallformen, welche sich zu einer Kombination vereinigen, durch den Schnitt ihrer Flächen Kanten erzeugen, die einer irgendwie ausgezeichneten Richtung am Kristall parallel gehen. So sehen wir am Quarz, Fig. 9 auf Tafel 1, dass die Kante, welche von einer gestreiften Säulenfläche und einer glatten Fläche am Ende erzeugt wird, den Streifen auf jener Säulenfläche parallel geht und zur Säulenkante senkrecht ist. An dem Flussspatkristall, den wir als Kombination von Würfel und Oktaeder kennen gelernt haben (Figur 4 auf Tafel 1), geht eine Kante zwischen diesen beiden Flächen einer Diagonale der Würfelfläche parallel. An der Kalkspatform, Figur 2 Tafel 1, ist die matte Fläche am Ende senkrecht zu den glänzenden Flächen der Säule. Ebenso findet man sehr häufig, dass die Flächen, die sich zu einer Kombination vereinigen, parallele Kanten erzeugen. Die schmale Fläche, welche an dem Quarzkristall in Figur 9, Tafel 1 oben links an der gestreiften Säulenfläche auftritt, schneidet sich mit dieser und der andern Endfläche in parallelen Kanten; an dem Quarzkristall in Figur 8, Tafel 1 ist die obere Kante der Säulenfläche der untern parallel, die aufrechten Säulenkanten sind alle einander parallel. Von solchen Flächen, die sich in parallelen Kanten schneiden, sagt man, sie liegen in einer Zone, und versteht unter einer Zone alle Flächen, welche einer Kante parallel gehen. So liegen z. B. an dem Quarzkristall in Fig. 8 die Flächen der aufrechten Säule in einer Zone, denn sie sind der aufrechten Kante parallel, ebenso liegt jedesmal eine Fläche am obern Ende mit einer Säulenfläche und einer Fläche am untern Ende in einer Zone, da sie sich in parallelen Kanten schneiden. Die Flächen, welche sich zur Kombination vereinigen, kommen hierdurch in Zusammenhang, d. h. sie liegen nicht ganz beliebig, sondern in der Weise, wie wir gesehen, gesetzmässig zueinander.

Durch den Zonenzusammenhang treten gesetzmässig Beziehungen, die zwischen den Flächen einer Kristallform bestehen, bereits bis zu einem gewissen Grade hervor, aber nicht so, dass man ohne weiteres die gegenseitige Lage der Flächen am Kristall durch Werte oder Zahlen kurz ausdrücken könnte. Hierzu ist es notwendig, dass man erst die Lage von einigen Flächen fest bestimmt; dann lässt sich die Lage der anderen Flächen zu diesen angeben. Verschiedene Wege führen da zum Ziel, wir wählen den, auf dem jeder uns folgen kann.

Wir denken uns durch das Innere eines Kristalls drei sich schneidende gerade Linien, sogenannte Achsen oder ein Achsenkreuz gelegt und wählen diese zweckmässig so, dass sie Kanten am Kristall parallel gehen, weil wir die Kanten sehen können und weil wir schon aus den Zonen erkannt haben, dass Gesetzmässigkeiten in der Lage von Kristallflächen in der Richtung ihrer Kanten zu Tage treten: wäre dieses nicht der Fall, so könnten wir drei ganz beliebige, sich schneidende Linien als Achsen wählen. Hat man so die Achsen gewählt, so sieht man zu, wie die Kristallflächen die Achsen schneiden und gibt durch das Verhältnis ihrer Abschnitte auf den Achsen ihre Lage

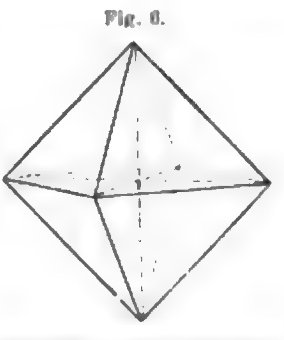
an. Bei einem Würfel von Flussspat z. B. (Fig. 4, Tafel 1) können wir die Achsen so wählen, dass sie den drei sich schneidenden Kanten des Würfels parallel gehen, Figur 5; da die Würfelflächen einander gleich sind (siehe oben S. 12) so sind es auch die Kanten, in denen sie sich schneiden, und da die Würfelflächen senkrecht aufeinander sind, sind es auch die Kanten und die Achsen, die zu den Kanten parallel sind. Wir haben somit für den Würfel drei gleiche aufeinander senkrechte Axen, die wir der Kürze wegen mit einem Buchstaben, und weil sie gleich sind, alle die mit demselben Buchstaben, etwa a, bezeichnen. Nun können wir sofort die Lage einer Würfelfläche zu den Achsen angeben, denn wir sehen, dass jede einzelne eine Achse (Kante) schneidet, den beiden anderen aber parallel geht, oder, wie man auch sagt, sie im Unendlichen schneidet; ihre Lage geben wir also an durch das Verhältnis ihrer Abschnitte $a : \infty a : \infty a$.

Fig. 5.



Würfel mit eingezeichneten Achsen

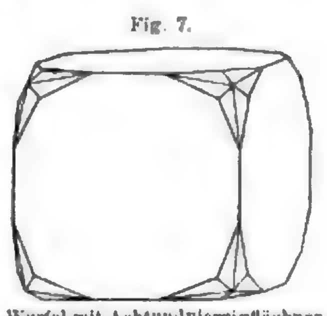
Fig. 6.



Oktaeder mit eingezeichneten Achsen.

Eine Oktaederfläche, die am Flussspat auftritt (Figur 3, Tafel 1), schneidet seine drei Würfelkanten und demnach auch die Achsen, die ja diesen parallel sind, und zwar schneidet sie die drei Kanten oder Achsen in gleichem Verhältnis, weil die Kanten, die sie mit den Würfelflächen bildet, den Diagonalen dieser Flächen parallel gehen, oder, weil die Oktaederfläche mit jeder der drei Würfelflächen den gleichen Winkel einschliesst. Die Lage einer Oktaederfläche zu den den Würfelkanten parallelen Achsen lässt sich also durch das Verhältnis ihrer Abschnitte: $a:a:a$ ausdrücken. Dies ist offenbar das einfachste Verhältnis, unter dem die Achsen von einer Fläche geschnitten werden können, die Längen a werden darum als die Einheitslängen angenommen und die Fläche, eine Oktaederfläche, als Einheitsfläche, die ganze Form, das Oktaeder, als Grundform bezeichnet. Die Form für sich ist in der Textfigur 6 dargestellt, die Achsen gehen von Ecke zu Ecke, jede Fläche schneidet die drei Achsen in dem gleichen Verhältnis. Alle anderen Flächen schneiden die Achsen in einem andern Verhältnis als die Flächen der Grundform. An Flussspat z. B. treten manchmal an jeder Würfelecke sechs Flächen auf, die alle schief zu den drei Würfelkanten und damit schief zu den Achsen liegen, d. h. mit anderen Worten, die alle die drei Achsen in ungleicher Länge schneiden; das Verhältnis der Abschnitte einer Fläche wäre demnach allgemein: $a:ma:na$, worin m und n zwei verschiedene und zunächst beliebige Zahlen bedeuten sollen. Wie gross m und n sind, kann ich mit blossem Auge nicht gut erkennen, ich muss diese Längen aus den Winkeln, die ich messe, nach Methoden, die uns hier weiter nicht beschäftigen, berechnen und finde, dass eine jener Flächen die Achsen in dem Verhältnis $a:4a:2a$ schneidet. Es ist hierbei besonders bemerkenswert, dass die Zahlen m und n einfache Zahlen sind und dasselbe findet man für alle Flächen eines Kristalls bestätigt; in dem Verhältnis ihrer Achsenabschnitte, bezogen auf die der Grundform, treten immer nur einfache, ganze Zahlen oder echte Brüche, also rationale Zahlen: 2, 3, 4, $^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$, etc. auf, niemals irrationale Zahlen, wie etwa 1,27386 ... Dieses Gesetz, bekannt als das der rationalen Achsenschnitte, ist das wichtigste an den Kristallformen und kann mit folgenden Worten ausgedrückt werden: Die Flächen an den Kristallen einer

Fig. 7.



Würfel mit Achtundvierzigflächner

Digitized by Google

Substanz liegen immer in der Weise gesetzmässig zueinander, dass das Verhältnis ihrer Achsenschnitte bezogen auf das der Grundform, durch einfache Zahlen ausgedrückt werden kann. Das Verhältnis der Abschnitte einer Fläche nennt man auch ihr Parameterverhältnis, das der Grundform das Achsenverhältnis der Kristalle; die Zahlen, die in einem Parameterverhältnis neben den Achsen auftreten, nennt man die Ableitungszahlen der betreffenden Fläche: sie sind, wie aus dem Gesagten hervorgeht, einfach und rational.

Durch diese Gesetzmässigkeit unterscheiden sich die Kristallformen von solchen Formen, denen wir durch Schleifen ihre Gestalt geben und wir erkennen in ihr wieder einen Ausfluss der Kräfte, welche die Form geschaffen haben. Wie die Elemente in einer chemischen Verbindung in einem bestimmten, durch einfache Zahlen ausdrückbaren Verhältnis miteinander vereinigt sind, treten auch die Flächen an einem Kristall so miteinander zusammen, dass alle durch einfache ganze Zahlen von einer Grundform abgeleitet werden können, grosse Einfachheit und strenge Gesetzmässigkeit herrscht auch im Reich der Kristalle.

Wenn, wie in dem gewählten Beispiel, die drei Achsen der Grundform einander gleich sind, so bekommen sie den gleichen Buchstaben und das Parameterverhältnis der Grundform ist $a:a:a = 1:1:1$. Wenn aber die drei Achsen der Grundform verschieden lang sind, so bezeichnen wir sie auch mit verschiedenen Buchstaben a, b, c und es wird das einfachste Verhältnis, unter dem sie von einer Fläche geschnitten werden, wieder $a:b:c$ sein, zahlenmässig kann dies aber, weil a, b und c verschieden sind, nur durch verschiedene Zahlen ausgedrückt werden. Diese Zahlen werden aus gemessenen Winkeln berechnet und sind irrational. Z. B. schneidet bei Aragonit die Einheitsfläche die drei Achsen in dem Verhältnis $a:b:c = 0{,}7613:1{,}223:0{,}8814$, aber für alle anderen am Aragonit auftretenden Flächen wird das Verhältnis ihrer Achsenabschnitte, bezogen auf die Achsen dieser Grundform, wieder durch einfache rationale Zahlen ausgedrückt. Wenn die Achsen sich unter 90^0 schneiden, so wird dies in der Beschreibung nicht besonders hervorgehoben, wenn sie sich aber unter schiefen Winkeln (α, β, γ) schneiden, so werden diese angegeben, sobald es sich wenigstens um eine vollständige Beschreibung des Minerals handelt.

Die Achsen werden bei kristallographischen Betrachtungen zweckmässig so gestellt, dass eine vertikal steht, eine quer von links nach rechts verläuft, die dritte auf die Beobachter zugeht; die erste heisst dann Vertikalachse, die andere Querachse, die dritte Längsachse.

Sobald von den Kristallen eines Minerals die Grundform bekannt ist, kann die Lage aller anderen Flächen durch das Verhältnis ihrer Achsenabschnitte, bezogen auf das der Grundform, angegeben werden. Diese Bezeichnungsweise ist von dem Mineralogen Christian Samuel Weiss eingeführt und hat vor anderen den Vorzug der Anschaulichkeit.

Kürzer als diese und ebenfalls anschaulich sind die von Naumann eingeführten Zeichen. Die Grundform wird mit ihrem ersten Buchstaben bezeichnet, das reguläre Oktaeder mit O, eine Pyramide mit P, ein Rhomboeder mit R, die Ableitungszahl der anderen Formen, die sich auf die Vertikalachse bezieht, wird vor dies Zeichen, die anderen, die sich auf die Quer- oder Längsachse beziehen, nach diesem Zeichen gesetzt.

Für den Würfel mit dem obengenannten Parameterverhältnis $a:\infty a:\infty a$ ist daher das Naumannsche Zeichen $\infty O \infty$. Wir werden in diesem Buche vorzugsweise die Naumannschen Zeichen benutzen und das Nähere bei den einzelnen Systemen angeben.

Bei einer dritten Bezeichnungsweise, der Millerschen, wird das Parameterverhältnis durch Division mit dem gemeinsamen Nenner so umgeändert, dass die Abteilungszahlen nur im Nenner auftreten z. B.

$$a:2a:4a \text{ wird } \frac{a}{4}:\frac{a}{2}:\frac{a}{1}.$$

Die Zeichen der Achsen werden weiterhin fortgelassen und nur die Zahlen 4 2 1 geschrieben. Diese Zahlen nennt man die Indices der Fläche. Damit man bei ungleichen Achsen (a, b und c) weiss, auf welche Achsen sich ein Index bezieht, muss hier eine strenge Reihenfolge eingehalten werden, die erste Zahl gilt immer für die Achse a, die zweite für die Achse b, die dritte für die Vertikalachse c.

Wenn eine der Ableitungszahlen unendlich war, so tritt dafür im Index null auf, weil $\frac{a}{0} = \infty a$ ist.

Hat eine Achse ein negatives Vorzeichen, so wird das — Zeichen über ihren Index gesetzt.

Einige Beispiele werden dies erläutern:

$$a : a : a = \frac{a}{1} : \frac{a}{1} : \frac{a}{1} = 111.$$

$$a : \infty a : \infty a = \frac{a}{1} : \frac{a}{0} : \frac{a}{0} = 100.$$

$$a : 2a : 4a = \frac{a}{4} : \frac{a}{2} : \frac{a}{1} = 421.$$

Wir werden uns hier vorzugsweise der Naumannschen Zeichen bedienen.

Kristallsysteme.

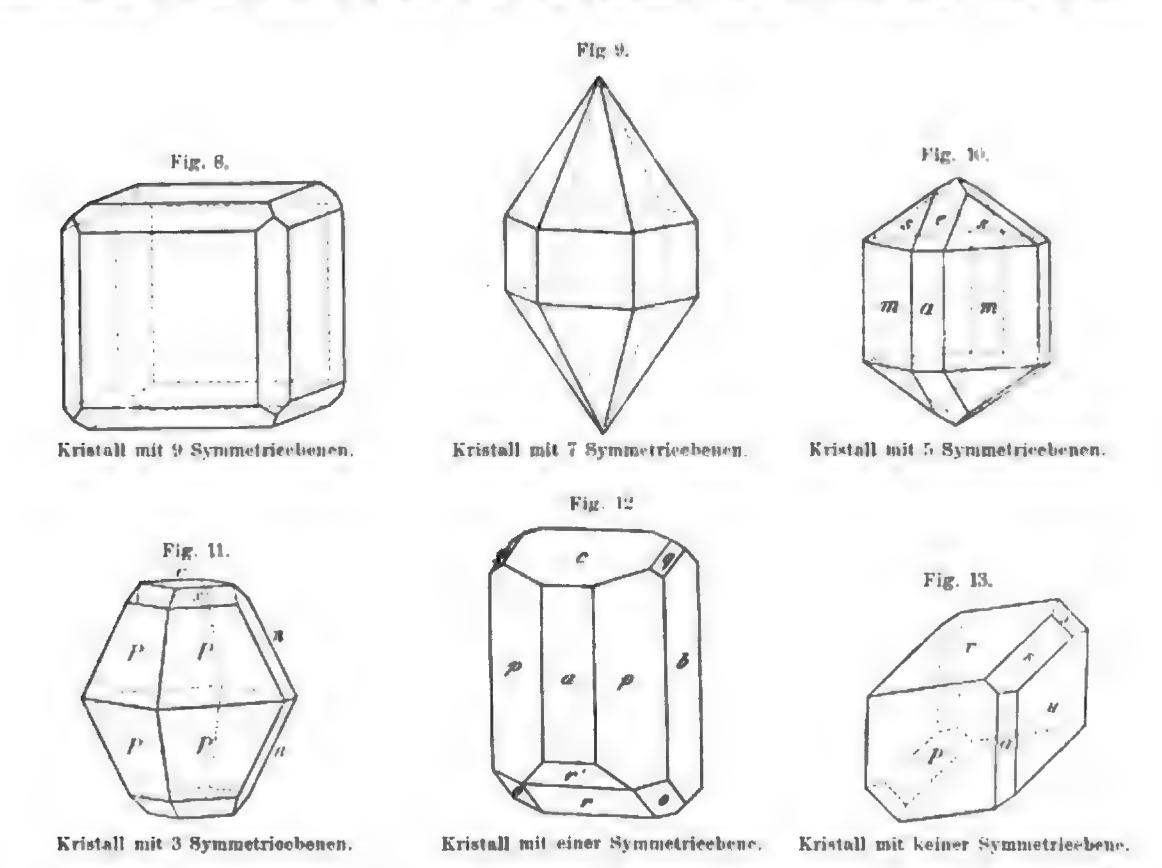
Die Kristallformen besitzen nach der Zahl und Beschaffenheit der physikalisch gleichen Flächen und der gleichen Winkel einen verschiedenen Grad von Regelmässigkeit oder, wie man besser sagt, von Symmetrie. Wir haben dies schon an den durch ihre Streifung verschiedenen Würfeln gesehen; eine glatte Würfelfläche, wie die in Fig. 4 auf Tafel 1 kann ich parallel jeder Diagonale und parallel jeder Kante halbieren, die eine Hälfte ist jedesmal das genaue Spiegelbild der anderen; eine Würfelfläche, die parallel zu einer Kante gestreift ist, Fig. 6 auf Tafel 3, kann parallel und senkrecht zu dieser Kante symmetrisch halbiert werden, nicht aber parallel zu den Diagonalen, denn es würde wohl die Fläche, nicht aber jeder einzelne Streifen symmetrisch durchschnitten werden, in der einen Hälfte läge von einem Streifen ein kurzes, in der andern Hälfte ein langes Stück. Eine andere Würfelfläche, die parallel einer Diagonale gestreift ist, Taf. 19, Fig. 2. kann parallel und senkrecht zu dieser Diagonale symmetrisch halbiert werden, nicht aber parallel zu ihren Kanten.

Eine Ebene, durch welche man einen Kristall in zwei spiegelbildlich gleiche Hälften teilen kann, nennt man eine Symmetrieebene; die eine Hälfte muss in Rücksicht auf die Zahl, Lage und Beschaffenheit der Flächen genau das Spiegelbild der andern sein. Die Zahl der Ebenen, durch welche ein Kristall in spiegelbildlich gleiche Hälften geteilt werden kann, ist verschieden und es lassen sich nach der grössern oder kleinern Zahl leicht verschiedene Grade von Symmetrie unterscheiden.

Durch den glatten Würfel kann ich drei Symmetrieebenen parallel zu seinen Flächen und sechs in der Richtung der Diagonalen legen (parallel den schmalen Flächen in der Fig. 8); durch den, nach je einer Kante gestreiften Würfel aber im ganzen nur drei Symmetrieebenen (parallel zu seinen Flächen); durch den nach je einer Diagonale gestreiften Würfel im ganzen nur sechs Symmetrieebenen (in der Richtung der Diagonalen), es unterscheiden sich somit diese drei Würfel wesentlich durch ihren Symmetriegrad. Kristalle, durch die man mehr als neun Symmetrieebenen legen könnte, gibt es nicht, dagegen gibt es

ed by Google

andere, die sieben, fünf, drei, eine oder auch gar keine Symmetrieebene besitzen. Sieben Symmetrieebenen besitzt der in Fig. 9 abgebildete Kristall, eine ist senkrecht zu den Säulenflächen, drei verlaufen über die Kanten von Pyramide und Säule, drei über diese Flächen; fünf Symmetrieebenen besitzt der Kristall der Fig. 10, eine ist senkrecht zu den Säulenflächen *a* und *m*; zwei gehen über die Flächen *s* und *m*, zwei über *r* und *a* (im



Kristall mit 9 Symmetrieebenen. Kristall mit 7 Symmetrieebenen. Kristall mit 5 Symmetrieebenen.

Kristall mit 3 Symmetrieebenen. Kristall mit einer Symmetrieebene. Kristall mit keiner Symmetrieebene.

Bild die vorderen Flächen und die auf der rechten Seite); drei Symmetrieebenen besitzt der Kristall der Fig. 11, eine geht durch die horizontalen Kanten zwischen *P* und *P*, eine über die vorderen Kanten von *P* und über *c*, die dritte über die Flächen *n* und *c*; die einzige Symmetrieebene des Kristalls in Fig. 12 geht über die Flächen *c*, *a*, *r'*, *r*, der Kristall in Figur 13 besitzt gar keine Symmetrieebene.

Eine andere Art von Regelmässigkeit in der Verteilung der Flächen lässt sich daran erkennen, dass an einer Kante oder Ecke zwei oder mehr gleiche Flächen liegen. Wenn ich daher den Kristall um eine durch diese Kante oder Ecke gelegte Achse drehe, so kommt er nach einer gewissen Umdrehung mit sich selbst zur Deckung, manche Kristalle bei einer vollen Umdrehung um 360° bloss zweimal, andere drei-, vier- oder sechsmal. Eine solche Achse nennt man eine Symmetrieachse und sie ist zwei-, drei-, vier- oder sechszählig, je nachdem an jener Kante oder Ecke zwei (Fig. 11), drei (die Ecken in Fig. 8), vier (Fig. 10) oder sechs (Fig. 9) gleiche Flächen auftreten.

Endlich sieht man an möglichst ringsum ausgebildeten Kristallen leicht, dass an den meisten zu jeder Fläche eine gleiche parallele Gegenfläche auftritt, bei manchen aber auch nicht. Von den erstern sagt man, sie haben ein Symmetriezentrum, bei den andern fehlt dies.

Es gibt nun Kristalle, die gar keins von diesen sogenannten Symmetrieelementen besitzen, andere, die wenigstens ein Symmetriezentrum, andere, die eine Symmetrieebene,

Digitized by Google

eine Symmetrieachse und Symmetriezentrum besitzen und an der Spitze stehen solche mit 9 Symmetrieebenen, 13 Symmetrieachsen und einem Symmetriezentrum, dazwischen stehen Kristalle mit anderen Symmetriegraden.

Im ganzen sind zweiunddreissig, durch ihre Symmetrie unterschiedene selbstständige Kristallklassen möglich, wir verzichten aber darauf, sie hier aufzuzählen, da wir uns nicht mit mehr Namen, als notwendig, belasten wollen. Für je eine bestimmte Zahl dieser Klassen kann ein Achsenkreuz gewählt werden, durch das für alle die gleiche Zahl von Symmetrieebenen gelegt werden kann. Alle die Kristalle, welche dies gemeinsam haben, bilden einen grösseren Verband, der Kristallsystem genannt wird.

Ein Kristallsystem umfasst also alle Kristalle, durch deren Achsenkreuz die gleiche Zahl von Symmetrieebenen gelegt werden kann. Indem wir die grosse Zahl von Kristallformen nach Systemen ordnen, bekommen wir eine bequeme Uebersicht über sie.

Die Kristalle lassen sich nach den angegebenen Grundsätzen in sechs Systeme teilen, deren Namen wir unter Angabe der Zahl von Symmetrieebenen, die durch ihr Achsenkreuz gelegt werden können, hier folgen lassen:

1. Reguläres System. Drei gleiche, aufeinander senkrechte Achsen (a, a, a); Achsenkreuz mit 9 (3 + 6) Symmetrieebenen.

2. Hexagonales System. Drei gleiche, in einer Ebene liegende und unter 60° sich schneidende Nebenachsen (a, a, a), senkrecht dazu die Vertikalachse c.
Achsenkreuz mit 7 (3 + 3 + 1) Symmetrieebenen.

3. Quadratisches System. Zwei gleiche unter 90° sich schneidende Nebenachsen (a, a) senkrecht dazu die Vertikalachse c.
Achsenkreuz mit 5 (2 + 2 + 1) Symmetrieebenen.

4. Rhombisches System. Drei ungleiche, aufeinander senkrechte Achsen (a, b, c).
Achsenkreuz mit 3 Symmetrieebenen.

5. Monoklines System. Drei ungleiche Achsen (a, b, c) zwei (a, c) schneiden sich unter schiefem Winkel, die dritte (b) ist senkrecht zu a und c.
Achsenkreuz mit einer Symmetrieebene.

6. Triklines System. Drei ungleiche Achsen (a, b, c), die sich unter schiefen Winkeln (α, β, γ) schneiden.
Achsenkreuz mit 0 Symmetrieebenen.

Holoeder und Hemieder.

Jedes der sechs Kristallsysteme umfasst mehrere Kristallklassen, die sich durch den höhern und niedern Grad von Symmetrie voneinander unterscheiden und die alle selbständig nebeneinander stehen. Sie unterscheiden sich äusserlich durch die Zahl oder die Beschaffenheit der gleichen Flächen, die, bei gleicher Lage gegen das Achsenkreuz, eine einfache Form umschliessen.

Die am höchsten symmetrischen Formen eines Systems nennt man Vollflächner oder Holoeder, weil an ihnen alle Flächen auftreten, die nach ihrem Parameterverhältnis und der Symmetrie des Achsenkreuzes möglich sind. So ist das reguläre Oktaeder ein Vollflächner, weil es von den acht, nach seinem Parameterverhältnis $a:a:a$ und der Symmetrie des Achsenkreuzes möglichen Flächen begrenzt ist.

Die Flächen, welche die Kristalle der anderen Klassen eines Systems umgeben, haben immer die Lage der Flächen holoedrischer Formen, die Zahl der gleichen Flächen

Digitized by Google

ist aber häufig nur halb oder viertel so gross als bei jenen, sie heissen Halbflächner oder Hemieder und Viertelflächner oder Tetartoeder; die Zahl ihrer Symmetrieebenen ist entsprechend geringer.

Ihre Gestalt kann man immer nach bestimmten Gesetzen von einer holoedrischen ableiten, so dass die hemiedrischen Körper, obwohl sie für sich selbständig sind, doch zu den Holoedern in Beziehung gebracht werden können.

So ist das reguläre Tetraeder zwar eine für sich selbständige Form, aber die Flächen liegen an einem Würfel genau so, wie die des Oktaeders, nur nicht an jeder Ecke, sondern an den abwechselnden, es ist der Halbflächner vom Oktaeder.

Für die Anschauung dürfte die Ableitung der Halbflächner und Viertelflächner von ihren Vollflächnern bequemer sein, als ihre Behandlung als selbständige Formen und wir geben hier daher dieser Ableitung den Vorzug.

Alle die Kristalle, welche zu einer bestimmten Klasse gehören, haben den gleichen Symmetriegrad und unterscheiden sich von den Kristallen der anderen Klassen eben durch diesen Symmetriegrad, der oft in der Flächenzahl zum Ausdruck kommt, aber nicht notwendig hierin zum Ausdruck kommen muss, zuweilen gibt er sich nur in der Flächenbeschaffenheit kund, bisweilen ist die geringere Symmetrie überhaupt recht versteckt und nur durch besondere physikalische Untersuchungen zu erkennen.

Unsere drei regulären Würfel (Seite 17) sind nach Flächenzahl gleich, aber doch in ihrem Symmetriegrad verschieden wegen der Beschaffenheit ihrer Flächen, der glatte gehört in die vollflächige Klasse mit neun Symmetrieebenen, der nach je einer Kante gestreifte in die Klasse mit drei, und der nach je einer Diagonale gestreifte in die Klasse mit sechs Symmetrieebenen des regulären Systems.

Erkennung der Symmetrie.

Die Kristalle der verschiedenen Systeme und Klassen unterscheiden sich durch ihre Symmetrie, die Frage ist nun berechtigt, woran erkenne ich denn den Symmetriegrad eines Kristalls?

Nach unseren bisherigen Erfahrungen können wir sie dahin beantworten, dass wir den Symmetriegrad aus der Zahl, der Lage und der äusseren Beschaffenheit der Kristallflächen erkennen können, und in sehr vielen Fällen wird man ihn hiernach gewiss richtig bestimmen, ich erinnere hier nur an die drei Würfel von Flussspat, Schwefelkies und Zinkblende, die nach Zahl und Lage der Flächen gleich, sich durch die Flächenbeschaffenheit unterscheiden und hieraus auf verschiedenen Symmetriegrad schliessen lassen. Wie aber, wenn die Flächen alle glatt und äusserlich gleich wären?

Die Verschiedenheit bliebe bestehen, ich könnte sie aber nicht wahrnehmen. In solchen Fällen führt uns die Untersuchung der Aetzfiguren zum Ziel. Wenn nämlich eine Kristall- oder Spaltungsfläche mit einem nicht zu heftig wirkenden Lösungsmittel kurze Zeit in Berührung gebracht wird, so bedeckt sich die Oberfläche mit kleinen, regelmässigen Vertiefungen, die man Aetzfiguren nennt und die zur Bestimmung der Symmetrie sehr geeignet sind, weil ihre Form und Lage auf einer Fläche immer der kristallographischen Symmetrie dieser Fläche entspricht. Die auf diese Weise hervorgerufenen Aetzfiguren sind fast immer nur mikroskopisch klein, selten so gross, dass sie mit blossem Auge deutlich gesehen werden können, in der Natur erzeugte sind öfters genügend gross, hier ein Beispiel dafür. Der in Fig. 8 auf Taf. 1 abgebildete Quarzkristall hat die Form wie unsere Textfigur 9 und man könnte meinen, dass über jede Säulenfläche senkrecht und

horizontal eine Symmetrieebene hinginge, dem widersprechen aber die Aetzfiguren am Quarz, die wir an dem Kristall Fig. 3 der Taf. 55 wahrnehmen und die hier ganz ungewöhnlich gross und deutlich sind. Sie liegen schief auf jeder Säulenfläche und beweisen durch ihre Lage, dass über die Säulenfläche weder senkrecht noch horizontal eine Symmetrieebene hingeht, denn wäre dies der Fall, so müssten die Aetzfiguren aufrecht stehen oder wagrecht liegen. So erkennen wir aus Aetzfiguren, dass der Quarz weniger symmetrisch ist, als er nach der Form des in Fig. 8 auf Taf. 1 abgebildeten Kristalles scheinen möchte, er ist hexagonal, besitzt aber gar keine Symmetrieebene.

Beschreibung der Kristallformen.

Wenn wir eine einfache Kristallform beschreiben wollen, denken wir sie uns in idealer Regelmässigkeit ausgebildet, d. h. die Flächen, welche physikalisch gleich sind, nehmen wir als gleich gross an, betrachten ihren Umriss, messen den Winkel, den sie miteinander einschliessen und sehen zu, in welchem Verhältnis sie die Achsen schneiden. Oft kann man dies Verhältnis direkt mit dem Auge ablesen, öfters muss man es aus den gemessenen Winkeln berechnen, was wir immer als geschehen annehmen.

In einer Kombination sind physikalisch verschiedene Flächen vereinigt und meist so, dass die der einen Form grösser sind als die der andern. Diese vorherrschende Form nennt man den Träger der Kombination und beschreibt nun die Kombination, indem man angibt, in welcher Weise die Gestalt der vorherrschenden Form durch die anderen Flächen geändert ist. Welchen Formen diese anderen Flächen angehören, erkennt man bei einiger Uebung aus ihrer Lage am Kristall oder indem man ihr Parameterverhältnis zu ermitteln sucht. Bei der Beschreibung von Kombinationen bedient man sich einiger einfachen Ausdrücke, man sagt, eine Ecke oder Kante einer Kristallform sei abgestumpft, Fig. 21, 22, wenn sie durch eine Fläche ersetzt ist, eine Kante sei zugeschärft, Fig. 23, wenn an ihr zwei neue Flächen auftreten, eine Ecke sei zugespitzt, Fig. 24, wenn an ihr andere Flächen auftreten, zweiflächig zugespitzt, wenn zwei, vierflächig zugespitzt, wenn vier Flächen an ihr auftreten und gibt dabei noch an, ob diese Flächen von den Flächen der vorherrschenden Form oder von ihren Kanten aus aufgesetzt sind.

Wir haben den Kristall in Fig. 3 auf Taf. 1 als Kombination bereits kennen gelernt, um sie zu beschreiben würden wir sagen, Träger der Kombination ist der Würfel, seine Ecken sind durch die Flächen des Oktaeders abgestumpft.

Reguläres System.

Die Kristalle des regulären Systems sind nach drei aufeinander senkrechten Richtungen gleich ausgebildet, das Achsenkreuz besteht daher aus drei gleichen, aufeinander senkrechten Achsen. Wir betrachten zuerst die Holoeder und dann die hieraus ableitbaren Hemieder.

Die Kristalle besitzen neun Symmetrieebenen, drei gehen den Würfelflächen, sechs den Flächen des Rhombendodekaeders parallel. Es gibt sieben, durch ihre Gestalt wesentlich verschiedene Formen:

1. Das Oktaeder, Fig. 14, ist von acht gleichseitigen Dreiecken begrenzt, die sich unter einem Winkel von 109° 28′ 16″ schneiden; die Achsen gehen von Ecke zu Ecke, eine

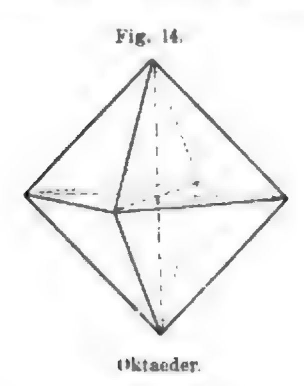
Digitized by Google

jede Fläche schneidet sie in dem Verhältnis $a:a:a$; das Oktaeder ist daher die gegebene Grundform und bekommt das Naumannsche Zeichen O. Beispiel: Flussspat, Magneteisen.

2. Der **Würfel**, Fig. 15, ist von 6 aufeinander senkrechten gleichen Flächen begrenzt, die Achsen gehen durch die Mitten der Flächen; eine Fläche schneidet eine Achse und geht den beiden andern parallel. $a:\infty a:\infty a = \infty O \infty$. Beispiel: Flussspat.

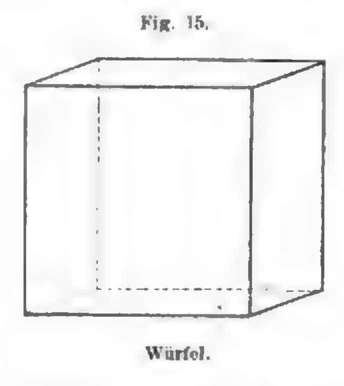
3. Das **Rhombendodekaeder**, Figur 16, ist von 12 Rhomben begrenzt, die einen Winkel von 120° miteinander bilden; eine Fläche schneidet zwei Achsen in gleicher Länge und geht der dritten parallel. $a:a:\infty a = \infty O$. Beispiel: Granat.

Fig. 14.



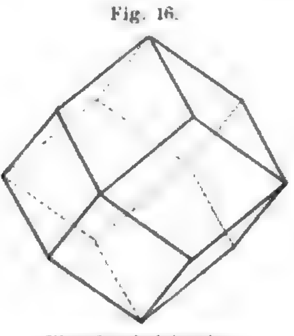
Oktaeder.

Fig. 15.



Würfel.

Fig. 16.

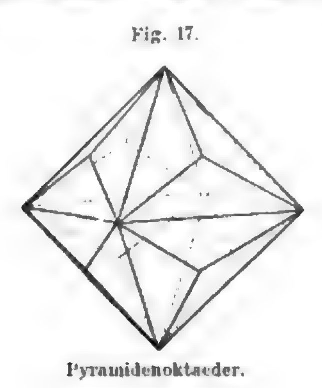


Rhombendodekaeder.

4. Ein **Pyramidenoktaeder**, Fig. 17, ist von 24 gleichschenkligen Dreiecken begrenzt, gewissermassen ein Oktaeder, über dessen Flächen sich je eine dreiseitige Pyramide erhebt. Eine Fläche schneidet zwei Achsen in gleicher, die dritte in grösserer Länge, z. B. $a:a:2a = 2O$. Die Form kommt für sich allein nur sehr selten vor.

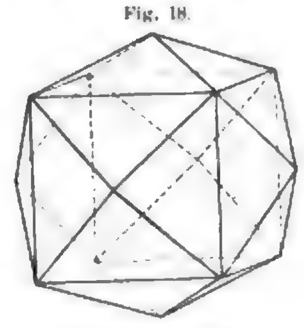
5. Ein **Pyramidenwürfel**, Fig. 18, ist von 24 gleichschenkligen Dreiecken begrenzt, gewissermassen ein Würfel, über dessen Flächen sich je eine vierseitige Pyramide erhebt. Eine Fläche schneidet zwei Achsen in verschiedener Länge und geht der dritten parallel, z. B. $a:2a:\infty a = \infty O 2$. Beispiel: Gediegen Kupfer, Taf. 10, Fig. 2.

Fig. 17.



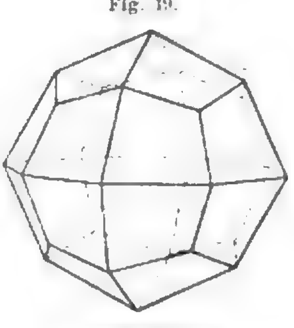
Pyramidenoktaeder.

Fig. 18.



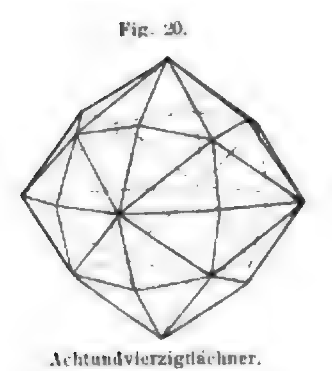
Pyramidenwürfel.

Fig. 19.



Ikositetraeder

Fig. 20.



Achtundvierzigflächner.

6. Ein **Ikositetraeder**, Figur 19, ist von 24 Vierecken (Deltoiden) begrenzt, eine Fläche schneidet zwei Achsen in gleicher, die dritte in kleinerer Länge, z. B. $2a:2a:a = 2O2$. Beispiel: Analcim.

7. Ein **Achtundvierzigflächner**, Figur 20, ist von 48 ungleichseitigen Dreiecken begrenzt. Eine Fläche schneidet die drei Achsen in verschiedener Länge, z. B. $a:2a:4a = 4O2$. Kommt für sich allein nur selten vor.

Digitized by Google

Kombinationen.

Am Oktaeder als Träger der Kombination stumpft der Würfel die Ecken, Fig. 21, das Rhombendodekaeder die Kanten ab, Figur 22. Das Pyramidenoktaeder schärft die Kanten des Oktaeders zu, Fig. 23, das Ikositetraeder bewirkt eine vierflächige, von den Flächen aus aufgesetzte Zuspitzung, Fig. 24. Wenn in einer Kombination alle Flächen ziemlich gleich gross sind, so dass weder die eine noch die andere Form Träger der Kombination ist, so nennt man die Kombination einen Mittelkristall und gibt ihr bisweilen einen besondern Namen. So ist die in Figur 26 abgebildete Kombination ein Mittelkristall von Würfel und Oktaeder und heisst Cubooktaeder.

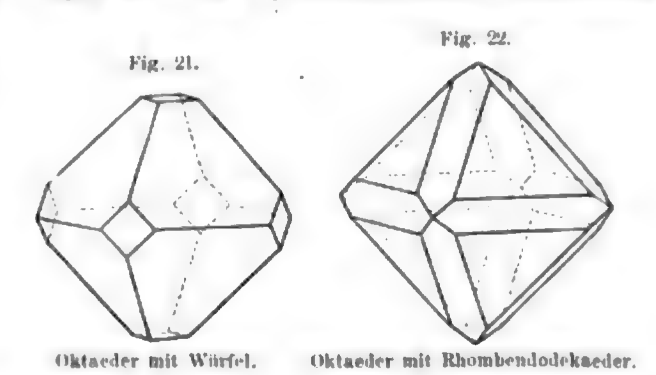


Fig. 21. Oktaeder mit Würfel. Fig. 22. Oktaeder mit Rhombendodekaeder.

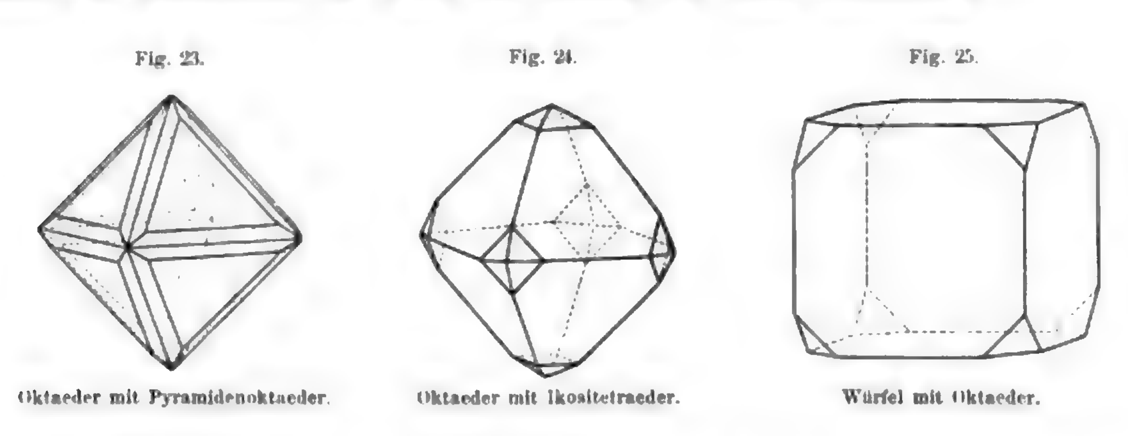


Fig. 23. Oktaeder mit Pyramidenoktaeder. Fig. 24. Oktaeder mit Ikositetraeder. Fig. 25. Würfel mit Oktaeder.

Am Würfel stumpft das Oktaeder die Ecken, Fig. 25, 26, das Rhombendodekaeder die Kanten ab, Fig. 27; der Pyramidenwürfel schärft die Kanten zu, Fig. 28, das Ikositetraeder bewirkt eine dreiflächige, von den Flächen aus aufgesetzte Zuspitzung der Ecken, Fig. 29, der Achtundvierzigflächner eine sechsflächige Zuspitzung der Ecken, Fig. 30.

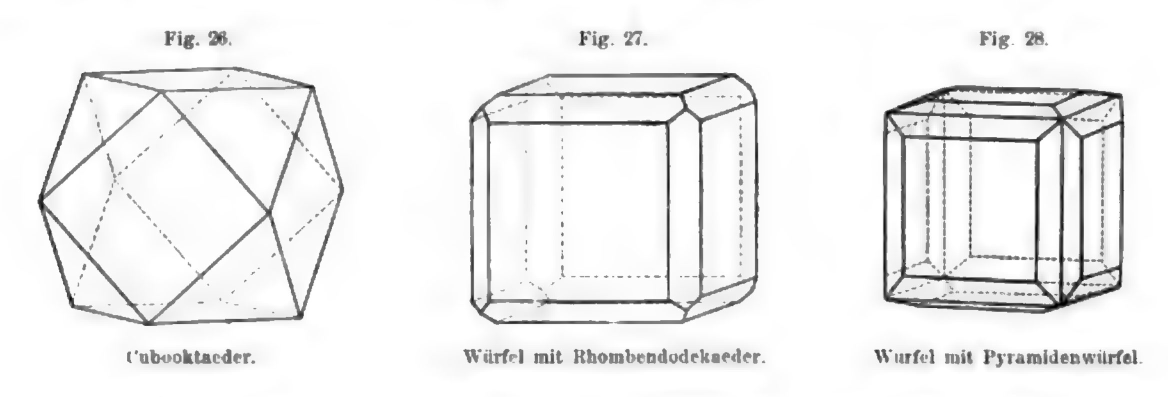


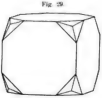
Fig. 26. Cubooktaeder. Fig. 27. Würfel mit Rhombendodekaeder. Fig. 28. Würfel mit Pyramidenwürfel.

Am Rhombendodekaeder stumpft das Oktaeder die dreikantigen Ecken, Fig. 31, das Ikositetraeder $2O2$ die Kanten ab, Fig. 32, der Achtundvierzigflächner $3O\frac{3}{2}$ schärft sie zu, Fig. 33, beide zusammen ersetzen eine Kante durch drei Flächen, Fig. 34.

Digitized by Google

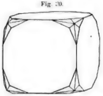
Zu dieser Abteilung gehört Gold, Silber und Kupfer; Bleiglanz, Tafel 16, Magneteisen, Tafel 29 und 29a, Granat, Tafel 47, Sodalith, Tafel 62, Analcim, Tafel 63, Steinsalz, Tafel 70, Flussspat, Tafel 71.

Fig. 29.



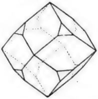
Würfel mit Ikositetraeder.

Fig. 30.



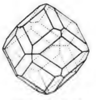
Würfel mit Achtundvierzigflächner.

Fig. 31.



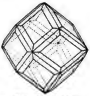
Rhombendodekaeder mit Oktaeder.

Fig. 32.



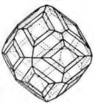
Rhombendodekaeder mit Ikositetraeder.

Fig. 33.



Rhombendodekaeder mit Achtundvierzigflächner.

Fig. 34.



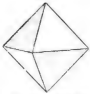
Rhombendodekaeder mit Ikositetraeder und Achtundvierzigflächner.

Die anderen Kombinationen sind weniger wichtig.

Tetraedrische Hemiedrie.

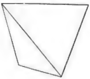
Es gibt reguläre Kristalle, die ihrer Form nach Oktaeder sind, deren Flächen aber nur abwechselnd gleich sind, Fig. 35, die aneinander grenzenden sind verschieden,

Fig. 35.



Oktaeder mit verschiedenen Flächen (Tetraeder und Gegentetraeder).

Fig. 36.



Tetraeder.

Fig. 37.

Gegentetraeder.

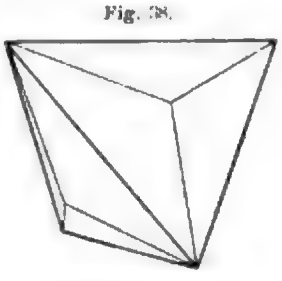
etwa die einen glänzend, die andern matt (Zinkblende). Die Verschiedenheit gibt sich bei anderen auch in der Grösse der Flächen zu erkennen (Fahlerz, Fig. 1 auf Taf. 12) und kann soweit gehen, dass nur die eine Hälfte der Flächen ausgebildet ist, die andere aber gänzlich fehlt. Dann liegt eine neue Form vor, die Tetraeder, Fig. 36, genannt

Digitized by Google

wird und als der Halbflächner des Oktaeders angesehen werden kann. Naumann gibt dem Tetraeder daher das Zeichen $\frac{O}{2}$. Ein Oktaeder kann natürlich zwei Halbflächner liefern, die als Tetraeder, Fig. 36, und Gegentetraeder, Fig. 37, oder als positives und negatives Tetraeder unterschieden werden und sich zusammen zum Oktaeder ergänzen.

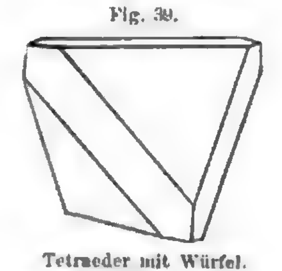
In ähnlicher Weise kann ein Ikositetraeder in zwei Hemieder zerfallen, die Pyramidentetraeder genannt werden (Figur 38). Die beiden anderen neuen Formen dieser Hemiedrie sind weniger wichtig, die Gestalten des Würfels, Rhombendodekaeders und Pyramidenwürfels bleiben unverändert, aber an ihrer Flächenbeschaffenheit kann sich die Zugehörigkeit zu dieser Hemiedrie verraten, wie wir an dem würfligen, nach nur einer Diagonale gestreiften Kristall von Zinkblende (Tafel 20, 4) sehen. Die Formen dieser Klasse besitzen sechs, den Rhombendodekaederflächen parallele Symmetrieebenen und lassen sich von den vollflächigen nach dem Gesetz ableiten:

Fig. 38.



Pyramidentetraeder.

Fig. 39.



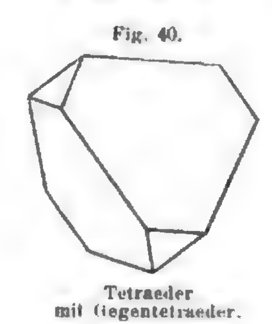
Tetraeder mit Würfel.

Die Flächen in dem einen Oktanten verhalten sich einander gleich und verschieden von den Flächen in den benachbarten Oktanten.

Kombinationen. Am Tetraeder stumpft der Würfel die Kanten, Fig. 39, das Gegentetraeder die Ecken ab, Fig. 40; das Pyramidentetraeder von gleicher Stellung schärft die Kanten zu, Fig. 41, das der entgegengesetzten Stellung bewirkt eine dreiflächige, von den Kanten aus aufgesetzte Zuspitzung; das Rhombendodekaeder bewirkt eine dreiflächige, von den Flächen aus aufgesetzte Zuspitzung der Ecken des Tetraeders, Fig. 42.

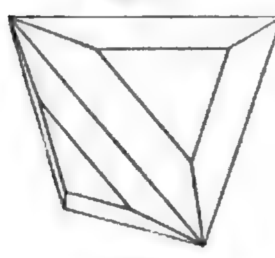
Am Würfel stumpft das Tetraeder die abwechselnden Ecken ab, Fig. 43, am Rhombendodekaeder die abwechselnden dreikantigen Ecken ab (Figur 44, in der ausserdem die vierkantigen Ecken durch die Würfelflächen abgestumpft sind). Die besten Beispiele für diese Hemiedrie bietet Fahlerz, Taf. 12 und Zinkblende, Taf. 20.

Fig. 40.



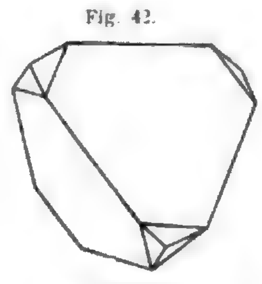
Tetraeder mit Gegentetraeder.

Fig. 41.



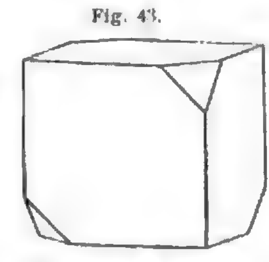
Tetraeder mit Pyramidentetraeder

Fig. 42.



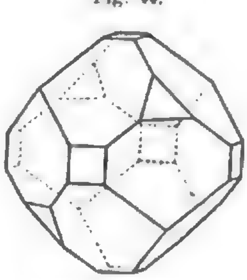
Tetraeder mit Rhombendodekaeder.

Fig. 43.



Würfel mit Tetraeder.

Fig. 44.



Rhombendodekaeder mit Würfel und Tetraeder.

Pentagonale Hemiedrie.

Schwefelkies findet sich häufig in Formen, die von 12 Fünfecken (Pentagonen) begrenzt sind und daher Pentagondodekaeder genannt werden. Wir sehen eine solche Form

in Figur 5 und 6 auf Tafel 26 und in der Textfigur 45. Eine Fläche schneidet die Achsen ebenso, wie eine Fläche vom Pyramidenwürfel, die Form hat aber von dessen 24 Flächen nur die Hälfte, ist also dessen Hemieder und bekommt das Zeichen $\frac{\infty O2}{2}$.

Ebenso tritt der Schwefelkies in Kristallen auf, die von 24 Flächen begrenzt sind, welche so liegen, dass sie alle drei Achsen in ungleicher Länge schneiden, $a : 3a : \frac{3}{2}a$, wie die eines Achtundvierzigflächners; es sind Hemieder davon, werden Diploeder (oder Dyakisdodekaeder) genannt (Fig. 46) und bekommen das Zeichen $\left[\frac{3O\frac{3}{2}}{2}\right]$, das in eckige Klammern gesetzt wird, wenn es mit dem Hemieder des Achtundvierzigflächners der tetraedrischen Hemiedrie verwechselt werden kann.

Die anderen Formen der holoedrischen Abteilung bleiben unverändert, verraten aber ihre Zugehörigkeit zur pentagonalen Hemiedrie bisweilen durch die Streifung ihrer Flächen, wie wir an dem Würfel von Schwefelkies (Tafel 26, 1) sehen.

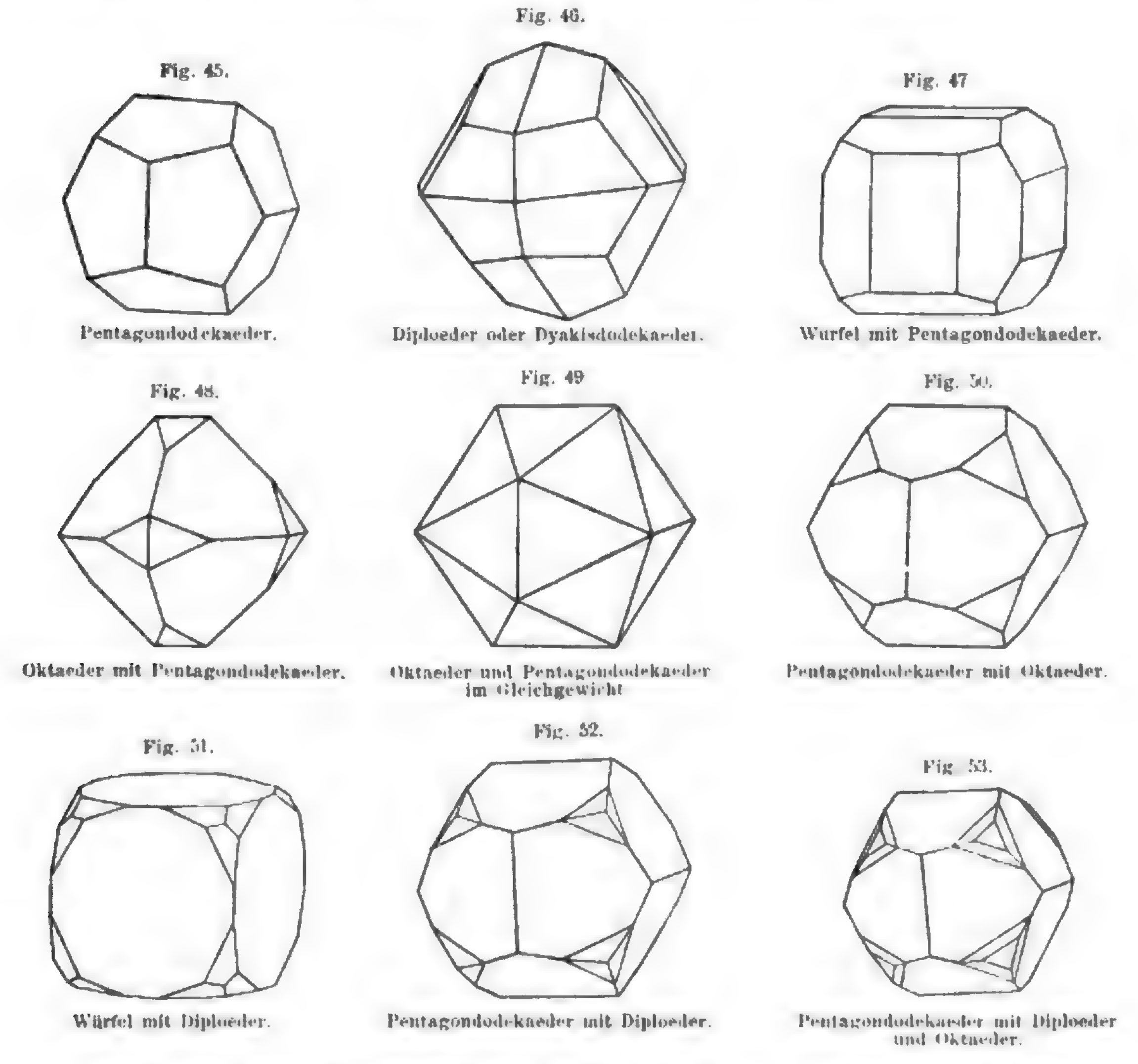


Fig. 45. Pentagondodekaeder.

Fig. 46. Diploeder oder Dyakisdodekaeder.

Fig. 47. Würfel mit Pentagondodekaeder.

Fig. 48. Oktaeder mit Pentagondodekaeder.

Fig. 49. Oktaeder und Pentagondodekaeder im Gleichgewicht.

Fig. 50. Pentagondodekaeder mit Oktaeder.

Fig. 51. Würfel mit Diploeder.

Fig. 52. Pentagondodekaeder mit Diploeder.

Fig. 53. Pentagondodekaeder mit Diploeder und Oktaeder.

Die Formen dieser Klasse besitzen drei, den Würfelflächen parallele Symmetrieebenen und lassen sich von den vollflächigen nach dem Gesetz ableiten, die Flächen in einem Oktanten verhalten sich abwechselnd gleich und an der Grenze der Oktanten stossen gleiche Flächen zusammen.

Kombinationen: Das Pentagondodekaeder stumpft die Kanten vom Würfel schief ab, Fig 47, bewirkt am Oktaeder eine zweiflächige Zuspitzung der Ecken, Fig. 48, oder bildet mit ihm, wenn beide Flächen gleich gross werden, das sogenannte Ikosaeder, Figur 49. Wird das Pentagondodekaeder zum Träger der Kombination, so stumpft das Oktaeder an ihm die drei- und gleichkantigen Ecken ab, Fig. 50.

Das Diploeder bewirkt am Würfel eine dreiflächige schiefe Zuspitzung der Ecken, Fig. 51, am Pentagondodekaeder eine dreiflächige Zuspitzung der Ecken, Fig. 52, die bisweilen zugleich von dem Oktaeder abgestumpft werden, Fig. 53. Schwefelkies, Tafel 26, und Glanzkobalt, Tafel 36, sind die besten Beispiele für diese Hemiedrie.

Quadratisches System (oder tetragonales System).

Die Kristalle des quadratischen Systems sind in zwei zueinander senkrechten Richtungen gleich, in der dritten dazu senkrechten Richtung verschieden ausgebildet, der Querschnitt der einfachen Formen ist ein Quadrat und daher heisst das System quadratisches. Entsprechend der Ausbildung der Kristalle nimmt man drei aufeinander senkrechte Achsen an, zwei sind einander gleich (a) und heissen die Nebenachsen, die dritte (c) ist davon verschieden und heisst Vertikalachse oder die Hauptachse. Die Kristalle der vollflächigen Klasse besitzen fünf Symmetrieebenen, eine ist senkrecht zur Hauptachse und heisst Hauptsymmetrieebene, zwei gehen durch je eine Nebenachse und die Hauptachse, die beiden andern bilden mit diesen einen Winkel von 45° und gehen ebenfalls durch die Hauptachse.

Es gibt im ganzen fünf, durch ihre Gestalt wesentlich verschiedene Formen, quadratische Pyramiden und Prismen, achtseitige Pyramiden und Prismen und die Basis. Unter den quadratischen Pyramiden, die an einem Mineral auftreten, wird eine als Grundform gewählt, Fig. 54, die Achsen gehen bei ihr von Ecke zu Ecke und sie bekommt das Zeichen P; die anderen Formen werden nach ihrer Lage zu den Achsen bestimmt.

Fig. 54.

Quadratische Pyramide erster Stellung.

Fig. 55.

Quadratische Pyramide zweiter Stellung

Alle die quadratischen Pyramiden, bei denen die Achsen von Ecke zu Ecke gehen, heissen Pyramiden erster Stellung; ihre Flächen schneiden die Vertikalachse in grösserer oder geringerer Länge als die der Grundform und bekommen danach das Zeichen $2P$, $3P$ oder $1/2P$, $1/4P$.

Alle die quadratischen Pyramiden, bei denen die Nebenachsen die Mitte der Seitenkanten verbinden, Figur 55, heissen Pyramiden der zweiten Stellung; eine Fläche geht einer Nebenachse parallel, die Pyramiden bekommen das Zeichen $P\infty$, $2P\infty$, $1/2P\infty$.

Zu den Pyramiden der ersten Stellung gehört das Prisma der ersten Stellung, Figur 56, dessen Flächen der Vertikalachse parallel gehen und die Nebenachsen in gleicher Länge schneiden; das Zeichen ist ∞P. Ebenso gehört zu den Pyramiden der zweiten Stellung das Prisma der zweiten Stellung, Fig. 57, dessen Flächen der Vertikalachse und je einer Nebenachse parallel gehen, das Zeichen ist

Digitized by Google

$\infty P \infty$. Die Flächen eines quadratischen Prismas schneiden sich immer unter einem Winkel von 90°, ihr Querschnitt ist, wie der der Pyramiden, ein Quadrat. Die Formen erster und zweiter Stellung unterscheiden sich also nicht durch ihre Gestalt, sondern durch ihre Lage am Kristall und können daher erst an Kombinationen unterschieden werden.

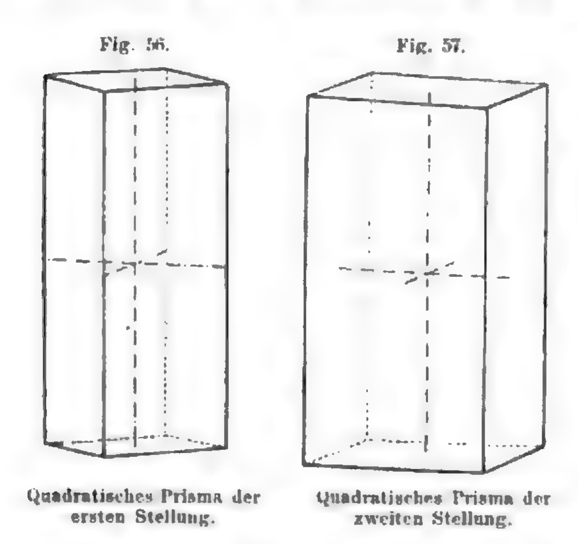


Fig. 56. Quadratisches Prisma der ersten Stellung.
Fig. 57. Quadratisches Prisma der zweiten Stellung.

Die achtseitigen Pyramiden und Prismen sind an der Zahl und der Lage der Flächen leicht zu erkennen, ihr Querschnitt ist ein symmetrisches Achteck und die Flächen schneiden die beiden Nebenachsen in ungleicher Länge. Die häufigste achtseitige Pyramide hat das Zeichen $3P3$, ein Prisma $\infty P3$.

Die Basis oder Endfläche tritt als Endbegrenzung von Pyramiden oder Prismen auf und bekommt immer das Zeichen oP.

In den Kombinationen liegen die Formen gleicher Stellung so, dass die Flächen der einen Form über oder unter den Flächen der andern Form auftreten. Treten zwei Formen von verschiedener Stellung an demselben Kristall auf, so liegen die Flächen der einen Form über oder unter den Kanten der andern. Sobald man eine Pyramide als Grundpyramide gewählt hat, sind die anderen Formen in einer Kombination leicht zu bestimmen. In Fig. 58 soll *s* die Grundpyramide *P* sein, das Prisma *m* ist dann das Prisma erster Stellung ∞P, die Pyramide *e* ist die Pyramide zweiter Stellung $P\infty$, und *a* das Prisma zweiter Stellung $\infty P \infty$. In Figur 59, die einen Zirkonkrystall darstellt, soll *o* die Grundpyramide *P* sein, *s* ist eine steilere Pyramide erster Stellung $3P$, *M* das Prisma der ersten Stellung ∞P, *x* gehört der achtseitigen Doppelpyramide $3P3$ an, ihr Zeichen kann aus den Winkeln berechnet werden, direkt aus der Figur kann man es nicht ablesen so wenig wie man sehen kann, dass die Fläche *s* die Hauptachse in dreimal grösserer Länge als die Fläche *o* schneidet. Die Winkel sind gemessen und die Werte berechnet.

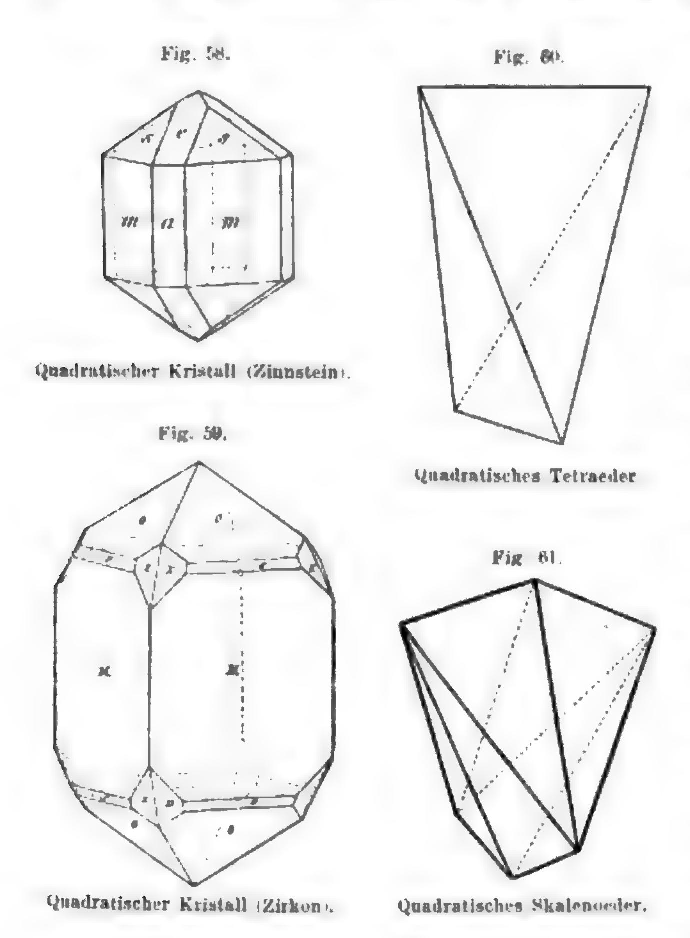


Fig. 58. Quadratischer Kristall (Zinnstein).
Fig. 59. Quadratischer Kristall (Zirkon).
Fig. 60. Quadratisches Tetraeder
Fig. 61. Quadratisches Skalenoeder.

Beispiele für diese Abteilung lernen wir an Phosgenit (Taf. 17), Zinnstein (Taf. 38), Rutil und Anatas (Taf. 39) und Vesuvian (Taf. 49) kennen.

Die tetraedrische Hemiedrie des quadratischen Systems entspricht der des regulären. Eine Pyra-

mide erster Stellung zerfällt in zwei Tetraeder, deren Flächen gleichschenklige Dreiecke sind, Figur 60, und das Zeichen $+\frac{P}{2}$ und $-\frac{P}{2}$ bekommen; eine achtseitige Pyramide kann zwei sogenannte quadratische Skalenoeder liefern, Figur 61. An Kupferkies (Taf. 11) sehen wir solche Formen.

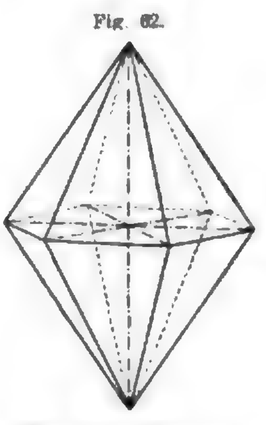
Hexagonales System.

Die holoedrischen Kristalle des hexagonalen Systems sind so ausgebildet, dass der Querschnitt einfacher Formen ein regelmässiges Sechseck (Hexagon) ist, daher der Name des Systems. An den Kristallen herrscht nach der Zahl der jeweils gleichen Flächen die Sechszahl, und entsprechend ihrer Ausbildung nimmt man drei gleiche Nebenachsen a an, die in einer Ebene liegen und unter 60° sich schneiden und senkrecht dazu eine Hauptachse c.

Die Kristalle haben sieben Symmetrieebenen, eine ist senkrecht zur Hauptachse, drei gehen durch je eine Nebenachse und die Hauptachse, die drei anderen bilden mit diesen einen Winkel von 30° und gehen ebenfalls durch die Hauptachse.

Wie im quadratischen System gibt es fünf durch ihre Gestalt wesentlich verschiedene Formen, an denen aber statt der Vierzahl die Sechszahl herrscht: Hexagonale Pyramiden und Prismen, zwölfseitige Pyramiden und Prismen und die Basis. Unter den hexagonalen Pyramiden, die an einem Mineral auftreten, wird eine als die Grundform gewählt, die Achsen gehen bei ihr von Ecke zu Ecke, Figur 62, und sie bekommt das Zeichen P. Die anderen Formen werden nach ihrer Lage zu den Achsen bestimmt und, wie im quadratischen System, unterschieden in:

Fig. 62.



Hexagonale Pyramide erster Stellung.

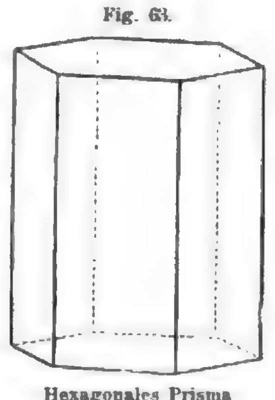
Pyramiden erster Stellung, die Achsen gehen von Ecke zu Ecke P, $2P$, $1/2\,P$,

Pyramiden zweiter Stellung, die Nebenachsen gehen durch die Mitte der Seitenkanten und werden in dem Verhältnis $a:2a$ geschnitten. Das Zeichen ist daher $P2$, $2P2$.

Die Pyramiden erster und zweiter Stellung unterscheiden sich also nicht in ihrer Form, sondern durch ihre Lage am Kristall, sie können erst an Kombinationen unterschieden werden.

Zu jeder Art von Pyramiden gehört ein Prisma, dessen Flächen der Vertikalachse parallel gehen und sich unter einem Winkel von 120° schneiden:

Fig. 63.



Hexagonales Prisma erster Stellung.

Prisma erster Stellung, die Nebenachsen gehen von Kante zu Kante, ∞P. Bei der von uns gewählten Aufstellung wendet das Prisma eine Fläche auf den Beobachter zu, Fig. 63.

Prisma zweiter Stellung, die Nebenachsen gehen von Fläche zu Fläche $\infty P2$. Bei der von uns gewählten Aufstellung wendet das Prisma eine Kante auf den Beobachter zu (vergleiche die Figuren 70 und 71, in Fig. 70 Prisma der ersten, in Fig. 71 Prisma der zweiten Stellung).

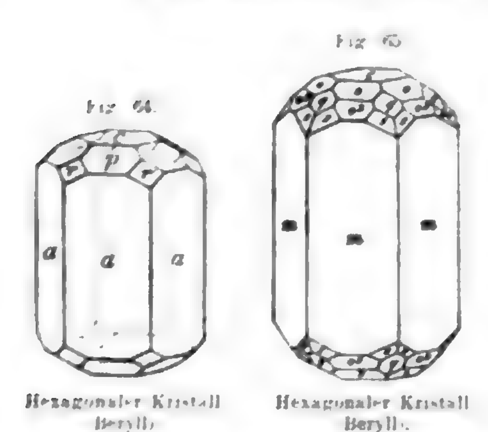
Die **zwölfseitigen Pyramiden und Prismen** sind an der Zahl und Lage der Flächen zu erkennen; ihr Querschnitt ist ein symmetrisches Zwölfeck und eine Fläche schneidet die Neben-

Digitized by Google

achsen in ungleicher Länge. Die häufigste zwölfseitige Pyramide ist $3P\frac{3}{2}$, ein zwölfseitiges Prisma $\infty P\frac{3}{2}$.

Die **Basis** oder Endfläche, die als Endbegrenzung der Prismen auftritt, bekommt immer das Zeichen oP.

In den **Kombinationen** von Formen gleicher Stellung liegen die Flächen der einen Form über oder unter Flächen der andern Form. Treten an einem Kristall zwei Formen von verschiedener Stellung auf, so liegen die Flächen der einen Form über oder unter den Kanten der andern.



Hexagonaler Kristall Beryll. Hexagonaler Kristall Beryll.

In Figur 64 wollen wir p als eine Pyramide erster Stellung und als Grundpyramide annehmen, dann ist a das Prisma der ersten Stellung, r eine Pyramide der zweiten Stellung und c die Basis. Die Naumannschen Zeichen wären P, ∞P, $2P2$, oP.

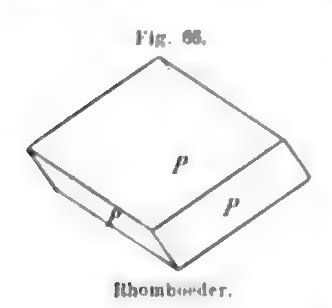
In Figur 65 soll o die Grundpyramide P sein, o^2 ist dann eine steilere Pyramide erster Stellung $2P$, m das Prisma der ersten Stellung ∞P, q eine Pyramide der zweiten Stellung $2P2$, s eine zwölfseitige Pyramide $3P\frac{3}{2}$, c die Basis.

Zu dieser Abteilung gehört das Mineral Beryll, Tafel 44, auch die beiden Kombinationen in Figur 64 und 65 sind solche von Beryll.

Hemieder.

Nur sehr wenig Mineralien gehören in die vollflächige Abteilung des hexagonalen Systems, die meisten sind so ausgebildet, dass sie als Halbflächner oder Viertelflächner angesehen werden können. Aeusserlich ist dies nicht immer zu bemerken, so ist der Amethyst in Figur 1 und 4 auf Tafel 56 dem Anschein nach von einer hexagonalen Pyramide begrenzt, dass die Flächen aber verschieden sind, sieht man in Figur 2, wo die eine Hälfte ganz rauh ist; an anderen Kristallen zeigt sich diese Verschiedenheit in der Ausdehnung der Flächen, in Figur 3 sind drei Flächen gross, die drei damit abwechselnden klein, in Figur 5 herrschen jene drei Flächen ganz entschieden vor und endlich kann die Verschiedenheit soweit gehen, dass die drei anderen Flächen ganz verschwinden, die Form ist dann nur von drei Flächen oben und drei damit abwechselnden Flächen unten begrenzt und heisst **Rhomboeder**, dies ist also der Halbflächner einer hexagonalen Pyramide, die immer als erster Stellung anzunehmen ist. Die Hemiedrie heisst nach dieser Form die **rhomboedrische Hemiedrie**. Ein Rhomboeder, Figur 66, können wir uns von Kalkspat leicht verschaffen, da der Kalkspat beim Zerschlagen in Rhomboeder auseinander bricht; wir sehen, dass es von sechs gleichen Flächen mit rhombischem Umriss begrenzt ist, die sich in zweierlei Kanten schneiden. Je drei gleiche Kanten stossen in zwei gegenüberliegenden Ecken zusammen und durch diese Ecken geht die Hauptachse, um sie herum

Fig. 66.



Rhomboeder.

Digitized by Google

herrscht die Dreizahl. Stellen wir diese Achse aufrecht, so gehen die Mittelkanten zickzackförmig auf und ab und durch ihre Mitten gehen die drei Nebenachsen.

Da sehr viel mehr Mineralien in Rhomboedern kristallisieren als in hexagonalen Pyramiden, gibt Naumann ihnen ein besonderes Zeichen und bezeichnet das Spaltungsrhomboeder, das er als Grundform annimmt, mit dem Anfangsbuchstaben *R*. Alle die Rhomboeder, welche in Kombinationen ihre Flächen nach derselben Seite hinwenden, wie das Grundrhomboeder, werden als positiv bezeichnet, z. B. $+4R$, $+1/4R$, alle die Rhomboeder aber, deren Flächen über den Kanten des Grundrhomboeders liegen, heissen negativ, z. B. $-2R$, $-1/2R$. Bei der von uns gewählten Aufstellung wendet ein positives Rhomboeder oben eine Fläche auf den Beobachter zu (Figur 66), ein negatives (Figur 67) eine Kante.

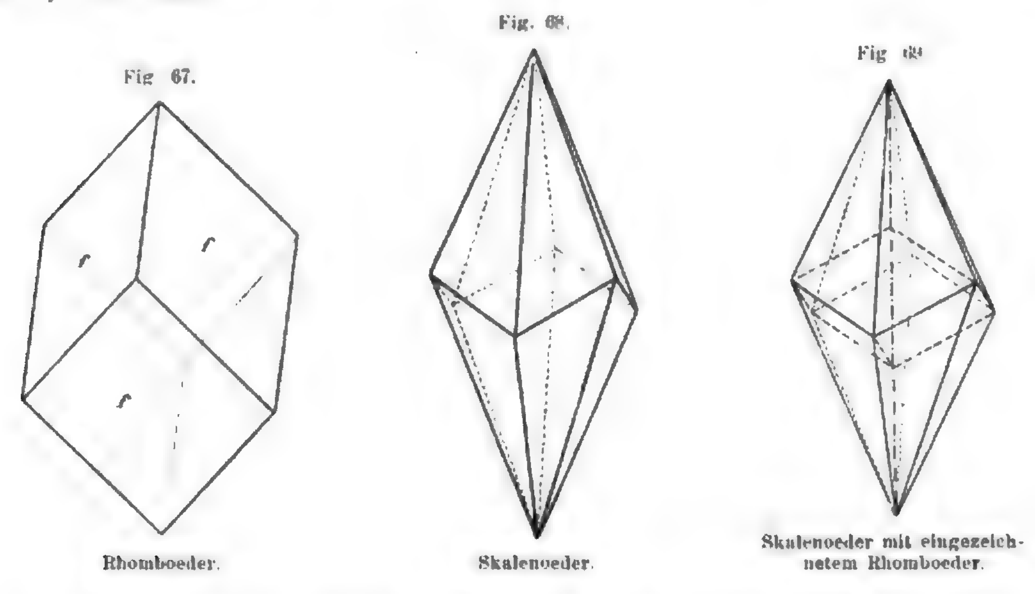


Fig. 67. Rhomboeder.

Fig. 68. Skalenoeder.

Fig. 69. Skalenoeder mit eingezeichnetem Rhomboeder.

Wenn wir an dem Amethyst auf Tafel 56 das glänzende und grosse Rhomboeder als $+R$ bezeichnen, bekäme das kleine und matte das Zeichen $-R$, beide ergänzen sich zur Pyramide der ersten Stellung.

Ausser dem Rhomboeder tritt in dieser Hemiedrie noch eine neue Form auf, die nach Lage und Zahl ihrer Flächen als Hemieder der zwölfseitigen Pyramide aufgefasst werden kann und S k a l e n o e d e r, Fig. 68, genannt wird. Auch bei ihm herrscht um die Hauptachse herum die Dreizahl, drei schärfere Kanten wechseln mit drei stumpfen ab; die Mittelkanten gehen wieder zickzackförmig auf und ab, es ist begrenzt von 12 ungleichseitigen Dreiecken, sechs nach oben, sechs nach unten. Die Mittelkanten liegen so, wie bei einem Rhomboeder; die Flächen sind aber steiler, Fig. 69; hierauf gründet Naumann seine Bezeichnung: ein Skalenoeder bekommt zunächst das Zeichen des Rhomboeders, dessen Mittelkanten mit denen des Skalenoeders zusammenfallen, dazu kommt eine Zahl, welche angibt, in wievielmal grösserer Länge die Flächen des Skalenoeders die Hauptachse schneiden als die des Rhomboeders; und diese Zahl wird hinter das Zeichen des Rhomboeders gesetzt. Wenn z. B. die Mittelkanten eines Skalenoeders mit denen des Grundrhomboeders *R* zusammenfallen, seine Flächen die Hauptachse in der dreifachen Länge schneiden, so bekommt es das Zeichen $R3$. Das P r i s m a d e r e r s t e n S t e l l u n g wird aufgefasst als ein Rhomboeder, dessen Flächen die Hauptachse im Unendlichen schneiden und bekommt daher das Zeichen ∞R, die B a s i s bekommt das Zeichen oR, d i e F o r m e n d e r z w e i t e n S t e l l u n g behalten ihre Zeichen bei, also das Prisma $\infty P2$, eine Pyramide $2P2$.

Digitized by Google

Kombinationen: Liegen in einer Kombination vom Rhomboeder und Prisma die Rhomboederflächen über den Prismenflächen, so ist das Prisma ein solches erster Stellung, Fig. 70, $\infty R \cdot -\frac{1}{2}R$, liegen aber die Rhomboederflächen über den Prismenkanten, so ist das Prisma ein solches zweiter Stellung, Fig. 71, $\infty P2 \cdot R$. In Fig. 72 ist R ein Rhomboeder, dessen Flächen über den Kanten des Prismas liegen, das Prisma l ist demnach zweiter Stellung, die Pyramide n ebenfalls eine zweiter Stellung, o die Basis.

Von Rhomboedern treten positive und negative miteinander in Kombination, besonders häufig so, dass das eine die Kanten vom andern gerade abstumpft, es schneidet dann die Hauptachse in der halben Länge als dieses; die Kanten von $+R$ werden abgestumpft durch $-1/2\,R$, die von $-2\,R$ durch $+R$, die von $+4\,R$ durch $-2\,R$ u. s. w.

Die Skalenoeder sind in den Kombinationen an Zahl und Lage ihrer Flächen zu erkennen. Das beste Beispiel ist Kalkspat (Taf. 72 und 73), aber auch Korund (Taf. 42), Eisenglanz (Taf. 28).

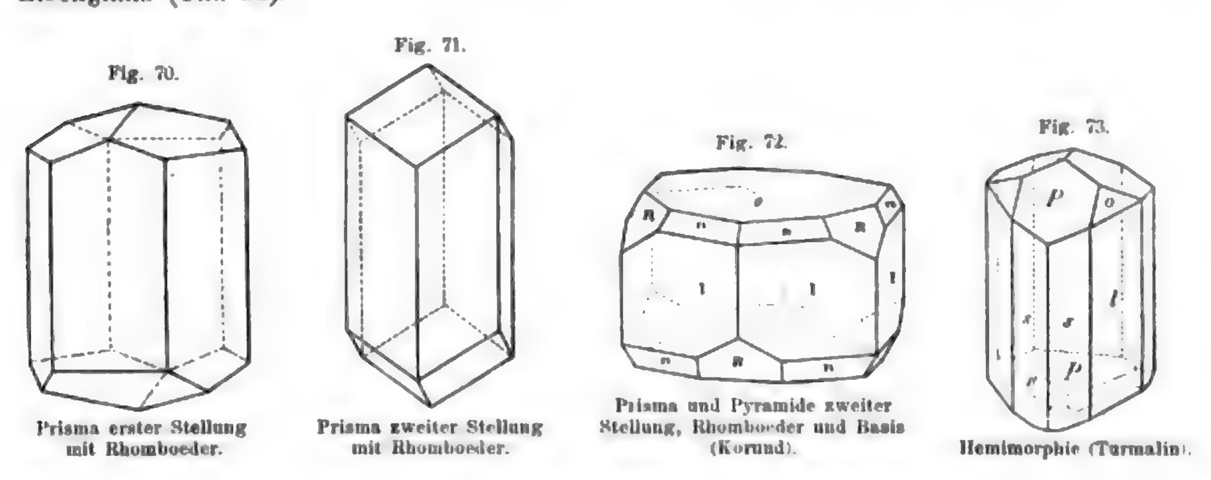


Fig. 70. Prisma erster Stellung mit Rhomboeder.
Fig. 71. Prisma zweiter Stellung mit Rhomboeder.
Fig. 72. Prisma und Pyramide zweiter Stellung, Rhomboeder und Basis (Korund).
Fig. 73. Hemimorphie (Turmalin).

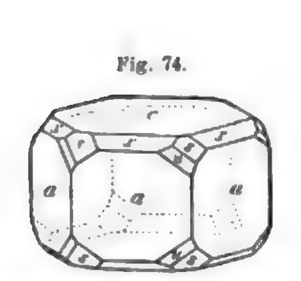
Einige andere Hemiedrien erkennen wir an den folgenden Figuren, die uns die Kristallformen bestimmter Mineralien vorführen. Figur 73 zeigt uns die Ausbildung, die manchmal Turmalin erkennen lässt; an der Dreizahl der einander gleichen Flächen erkennen wir die rhomboedrische Hemiedrie, die Flächen an dem obern Ende sind aber andere als an dem untern, der Kristall ist rhomboedrisch hemimorph; P kann als Grundrhomboeder $+R$ angenommen werden, o ist dann $-2R$, weil seine Kanten von P gerade abgestumpft werden; an dem untern Ende werden die Kanten von P durch n abgestumpft, was darum $-\frac{1}{2}R$ ist. Die Flächen l liegen unter den Rhomboederflächen, gehören darum dem Prisma erster Stellung ∞R an, die Hemimorphie aber bringt es mit sich, dass es nur mit drei Flächen ausgebildet ist; man kann sich vorstellen, dass das Prisma erster Stellung ein Rhomboeder sei, dessen Flächen die Hauptachse im Unendlichen schneiden, drei nach oben, die drei abwechselnden nach unten, beide sind unabhängig voneinander und so kann das Prisma nur mit drei Flächen auftreten. Die Flächen s gehören dem Prisma der zweiten Stellung an, dessen Flächenzahl durch die Hemimorphie nicht vermindert wird. Wenn die Verschiedenheit der beiden Enden nicht zu erkennen ist, vielleicht weil der Kristall mit einem Ende aufgewachsen war, so ist immer das dreiseitige Prisma für die rhomboedrische Hemimorphie charakteristisch.

An dem Kristall der Figur 74, die uns Apatit vorführt (wie die in Figur 2 der Tafel 81), ist c die Basis, x die Pyramide der ersten Stellung P, s die Pyramide der zweiten Stellung $2P2$, die Flächen u haben die Lage einer zwölfseitigen Doppelpyramide

(wie *s* in Figur 65) $3P\frac{3}{2}$, aber nur die Hälfte ist vorhanden, ihr Zeichen ist daher $\frac{3P\frac{3}{2}}{2}$. Für sich allein würden diese Flächen eine Pyramide bilden, deren Flächen schief zu den Achsen liegen, die Hemiedrie heisst darum pyramidale Hemiedrie.

In den Figuren 75 und 76, die Quarzkristalle vorstellen, ist *p* das Rhomboeder $+R$, *z* das Rhomboeder $-R$, beide zusammen würden eine Pyramide erster Stellung bilden; die unter ihnen liegenden Prismenflächen *a* gehören dem Prisma erster Stellung an. *s* ist eine Pyramide der zweiten Stellung (wie in Figur 74), aber nur die Hälfte der Flächen ist ausgebildet; *x* hat die Lage von Flächen der zwölfseitigen Doppelpyramide, an einer Kante tritt aber nur oben und unten eine Fläche auf, an der folgenden fehlen sie; von den Flächen der zwölfseitigen Doppelpyramide tritt also nur der vierte Teil auf, die Kristalle sind tetartoedrisch. Für sich würden diese Flächen eine Form bilden, die man Trapezoeder nennt,

Fig. 74.



Pyramidale Hemiedrie (Apatit).

Fig. 75.

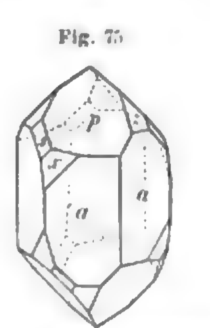
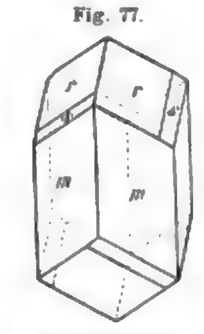


Fig. 76.

Trapezoedrische Tetartoedrie (Quarz).

Fig. 77.



Rhomboedrische Tetartoedrie (Dioptas).

die Tetartoedrie heisst darum die trapezoedrische Tetartoedrie. An dem einen Kristall tritt die trapezförmige Fläche *x* links unter *p* (Figur 75), an dem andern rechts unter *p* (Figur 76) auf; die Kristalle werden hiernach als rechte (Figur 76) und linke (Figur 75) unterschieden, sie stehen zueinander wie die linke Hand zur rechten Hand, der eine kann mit dem andern nicht zur Deckung gebracht werden, sie verhalten sich wie ein Bild zum Spiegelbild. Man sagt von einem solchen Kristallpaar es sei enantiomorph.

In der Figur 77 (Dioptas) ist *r* wieder das Rhomboeder $+R$, *m* das Prisma der zweiten Stellung $\infty P2$, *s* wäre ein Skalenoeder, wenn es alle Kanten zwischen *r* und *m* abstumpfen würde; es stumpft aber nur die Hälfte ab und ist darum — weil ein Skalenoeder schon ein Hemieder ist — eine tetartoedrische Form; für sich würden die Flächen *s* ein Rhomboeder bilden, die Tetartoedrie heisst darum die rhomboedrische Tetartoedrie.

Rhombisches System.

Die Kristalle des rhombischen Systems sind so ausgebildet, dass sie auf ein Achsenkreuz von drei ungleichen, aufeinander senkrechten Achsen bezogen werden können, eine davon wird als Vertikalachse aufrecht gestellt und bekommt den Buchstaben ć, die längere der beiden anderen lässt man als Querachse von links nach rechts laufen und gibt ihr den Buchstaben b̄, Naumann nennt sie die Makrodiagonale, die kürzere geht dann als Längsachse auf den Beobachter zu und bekommt den Buchstaben ă, Naumann nennt sie die Brachydiagonale. Die vollflächigen Kristalle besitzen drei aufeinander senkrechte ungleiche Symmetrieebenen. Es gibt nur drei wesentlich verschiedene einfache Formen, Pyramiden, Prismen und Endflächen. Die Querschnitte der beiden ersteren sind Rhomben, daher der Name des Systems.

Digitized by Google

1. Rhombische Pyramiden, ihre Flächen schneiden alle drei Achsen und sind ungleichseitige Dreiecke. Eine von ihnen wird als Grundpyramide angenommen (Figur 78) und bekommt das Zeichen P, stumpfere sind $1/2 P$, $1/3 P$, steilere $2 P$, $3 P$; abgeleitete solche, die auch noch die Achse a oder b in verschiedenem Verhältnis schneiden z. B. $2 P \breve{2}$.

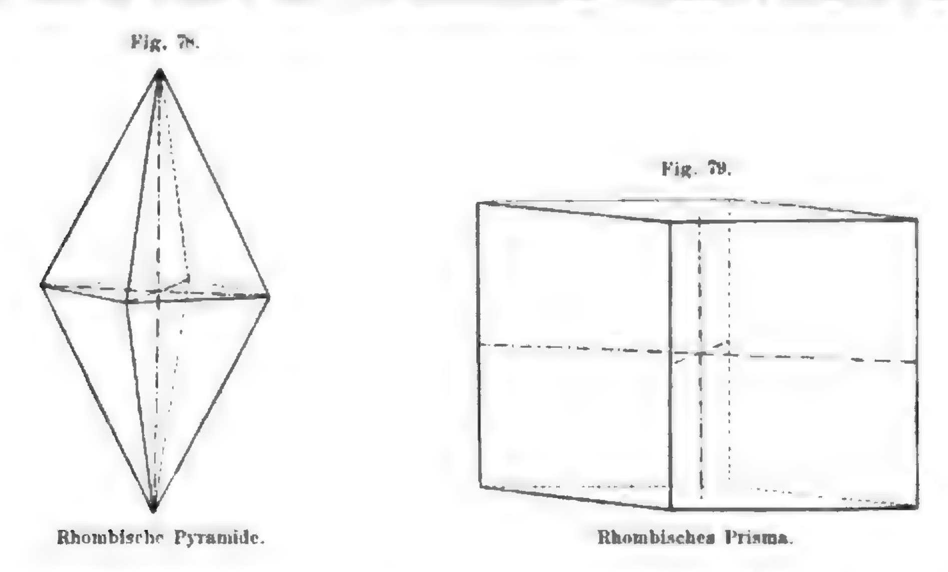


Fig. 78. Rhombische Pyramide.

Fig. 79. Rhombisches Prisma.

2. Rhombische Prismen sind begrenzt von vier einer Achse parallelen Flächen, die sich unter einem von 90° und 120° verschiedenem Winkel schneiden. Je nachdem die Flächen der einen oder andern Achse parallel gehen, bekommen die Prismen verschiedene Namen:

Vertikalprismen sind die, deren Flächen der Vertikalachse parallel gehen (Fig. 79), sie bekommen das Zeichen ∞P, Querprismen (Makrodomen) sind die, deren Flächen der Querachse oder Makrodiagonale parallel gehen, z. B. $\bar{P}\infty$, Längsprismen (Brachydomen) sind die, deren Flächen der Längsachse oder Brachydiagonale parallel gehen, z. B. $\breve{P}\infty$.

Bei jeder Art können auch solche Prismen auftreten, deren Flächen die beiden anderen Achsen in verschiedenem Verhältnis schneiden, z. B. $\infty \breve{P} 3$, $2 \bar{P}\infty$, $1/2 \breve{P}\infty$, das erstere Zeichen bedeutet, dass die Achse $\breve{a}$ in dreifacher Länge geschnitten wird als von dem Vertikalprisma ∞P, das zweite Zeichen, dass die Vertikalachse in doppelter Länge geschnitten wird als von $\bar{P}\infty$, das letzte, dass sie in der halben Länge geschnitten wird.

3. Die Endflächen (oder Pinakoide) gehen zwei Achsen parallel und sind nur von je zwei Flächen begrenzt; die Querfläche (Makropinakoid) geht der Querachse $\bar{b}$ und der Vertikalachse parallel, ihr Zeichen ist $\infty \bar{P}\infty$, die Längsfläche (Brachypinakoid) ist der Längsachse $\breve{a}$ und der Vertikalachse parallel, ihr Zeichen ist $\infty \breve{P}\infty$, die Basis geht den beiden horizontalen Achsen a und b parallel, ihr Zeichen ist $o P$.

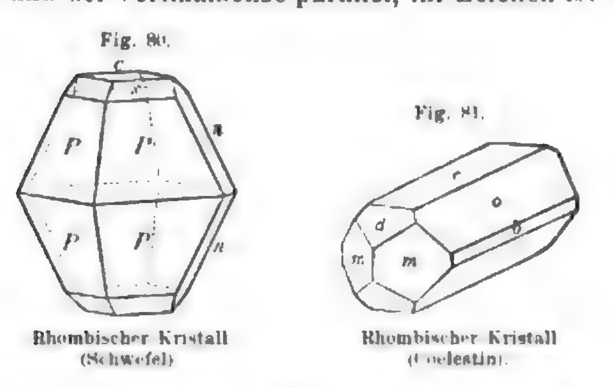


Fig. 80. Rhombischer Kristall (Schwefel).

Fig. 81. Rhombischer Kristall (Coelestin).

Die Kombinationen sind mit Leichtigkeit zu entziffern, nachdem man bestimmt hat, welche der drei Achsen Vertikalachse und welche Pyramide Grundpyramide sein soll.

In der Figur 80, die einen Schwefelkristall darstellt, soll P die Grundpyramide P sein, s ist eine stumpfere Pyramide $1/3 P$, n das Brachydoma $\breve{P}\infty$ und c die Basis $o P$. In der Figur 81, Coelestin, kann m das Vertikalprisma ∞P sein, b ist dann das Brachy-

Digitized by Google

pinakoid $\infty P\breve{\infty}$, o das Brachydoma $P\breve{\infty}$, d das Makrodoma $\frac{1}{2}P\bar{\infty}$ und c die Basis oP. Rhombische Kristalle bietet uns Atacamit (Tafel 14), Antimonglanz (Tafel 23), Schwefel (Tafel 25), Topas (Tafel 46), Aragonit (Tafel 74), Schwerspath und Coelestin (Tafel 76—78).

Monoklines System.

Die Kristalle dieses Systems sind daran zu erkennen, dass nur eine Symmetrieebene durch sie hindurchgelegt werden kann. Von den drei Achsen ist nur eine gegeben, nämlich die, welche zur Symmetrieebene senkrecht ist; man lässt sie als Querachse von links nach rechts gehen und gibt ihr den Buchstaben $\bar{b}$, Naumann nennt sie Orthodiagonale. Die beiden anderen Achsen wählt man so, dass sie in der Symmetrieebene liegen und Kristallkanten parallel gehen, sie schneiden sich schiefwinklig. Die eine wird Vertikalachse und bekommt den Buchstaben $\dot{c}$, die andere ist dann die Längsachse $\dot{a}$ (Klinodiagonale) und wird so gestellt, dass sie von vorn nach hinten aufsteigt, der stumpfe Winkel (β) also vorn und oben liegt. Nachdem man so die Achsen gewählt hat, werden die Flächen nach ihrer Lage zu diesen Achsen bestimmt und benannt.

Pyramiden heissen die Formen, deren Flächen alle drei Achsen schneiden; die Form für sich ist freilich keine Pyramide mehr, da zu zwei Flächen, die etwa vorn und oben liegen, nur noch die zwei parallelen Gegenflächen gehören, nicht aber die hinten liegenden Flächen, sie ist also im ganzen nur von vier Flächen begrenzt, heisst darum auch Hemipyramide. Naumann gibt ihr wieder das Zeichen P und unterscheidet die Flächen, welche oben vorn liegen von denen, die oben hinten liegen durch ein Vorzeichen, die ersteren als $-P$, die anderen als $+P$.

Längsprismen (oder Klinodomen) heissen die Flächen, die der Längsachse $\dot{a}$ parallel gehen und die beiden anderen Achsen schneiden; sie bekommen das Zeichen $P\grave{\infty}$ oder $2P\grave{\infty}$; sie sind im ganzen von vier Flächen begrenzt.

Querprismen (oder Orthodomen) heissen die Flächen, die der Querachse $\bar{b}$ parallel gehen und die beiden anderen schneiden; sie sind nur von einer Fläche und der parallelen Gegenfläche begrenzt und heissen auch Schiefendflächen; die vorderen bekommen das Zeichen $-P\bar{\infty}$, die hinteren $+P\bar{\infty}$ oder $1/2\,P\bar{\infty}$, $2\,P\bar{\infty}$, je nach der Länge, in der sie die Vertikalachse schneiden.

Vertikalprismen heissen die Flächen, die der Vertikalachse parallel gehen und die beiden anderen schneiden, z. B. ∞P.

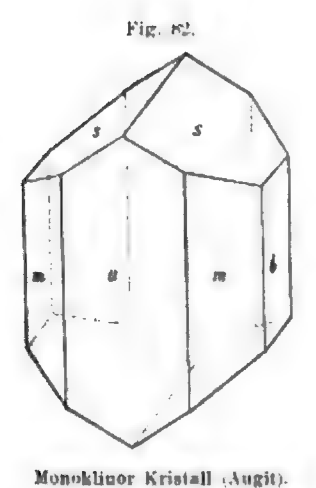
Die Längsfläche (oder das Klinopinakoid) geht der Längsachse und Vertikalachse parallel, ihr Zeichen ist $\infty P\grave{\infty}$.

Die Querfläche (oder das Orthopinakoid) geht der Querachse und Vertikalachse parallel, ihr Zeichen ist $\infty P\bar{\infty}$.

Die Basis geht der Quer- und Längsachse parallel, ihr Zeichen ist oP.

Da keine einfache Form für sich den Raum umschliesst, sind alle monoklinen Kristalle Kombinationen, in denen nur das Klinopinakoid immer die gleiche Bedeutung hat (als Symmetrieebene), die Deutung der anderen Flächen wechselt je nach der Aufstellung des Kristalls, die innerhalb der durch die Symmetrie gezogenen Grenzen im ganzen willkürlich ist; für jedes Mineral ist eine bestimmte Aufstellung üblich, ohne dass diese aber allgemein angenommen wäre. Die Figur 82 stellt einen Augitkristall dar, die Vertikalachse c soll der Kante zwischen m und b, die schiefe Achse a der Kante zwischen s/s parallel sein, dann ist m das Vertikalprisma ∞P, a das Orthopinakoid, b wie immer Klinopinakoid, s ein Klinodoma; die Achsen werden aber bei Augit meist so gewählt, dass s

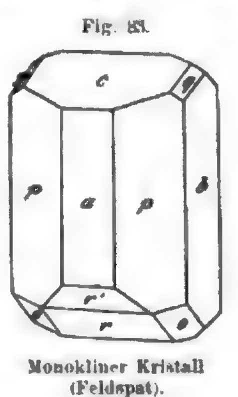
Fig. 82.



Monokliner Kristall (Augit).

alle drei Achsen schneidet, somit eine Hemipyramide wird. Die Figur 83 stellt Feldspat dar (ähnlich dem in Figur 1 auf Tafel 1, jedoch fehlt diesem die Fläche a), die Vertikalachse soll der Kante p/b, die schiefe Achse der Kante c/q parallel gehen, dann ist p Vertikalprisma, a Orthopinakoid, b Klinopinakoid, c die Basis, q Klinodoma, r und r' hintere Schiefendflächen und o eine Hemipyramide, die Naumannschen Zeichen sind:

Fig. 83.



Monokliner Kristall (Feldspat).

$a = \infty P \bar{\infty}$, $p = \infty P$, $b = \infty P \grave{\infty}$
$c = 0 P$, $q = 2 P \grave{\infty}$, $r = P \infty$
$r' = 2 P \infty$, $o = P$.

Monokline Kristalle lernen wir u. a. bei Feldspat (Tafel 60), Augit (Tafel 65), Hornblende (Tafel 66) und Gips (Tafel 79) kennen.

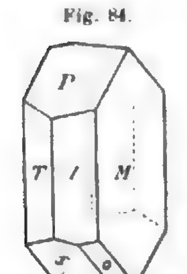
Triklines System.

An den Kristallen dieses Systems schneiden sich alle Flächen und alle Kanten unter schiefen Winkeln; zu je einer Fläche gehört als gleichberechtigt nur die parallele Gegenfläche. Dementsprechend nimmt man drei ungleiche, unter schiefen Winkeln sich schneidende Achsen an. Eine der drei Achsen wählt man zur Vertikalachse c, die längere der beiden anderen Achsen lässt man als Querachse $\bar{b}$ (Makrodiagonale) von links nach rechts laufen, die dritte ist die Längsachse a (Brachydiagonale). Nach ihrer Lage zu den Achsen bekommen die Flächen ihren Namen:

Pyramiden heissen wieder die Flächen, die alle drei Achsen schneiden, ihre Lage am Kristall wird durch einen Strich im Naumannschen Zeichen angedeutet. P' liegt rechts oben, $'P$ links oben, $P,$ rechts unten, $,P$ links unten.

Vertikalprismen heissen die Flächen, die der Vertikalachse parallel gehen; die rechtsliegende bekommt rechts einen Strich, die linksliegende links $\infty P'$, $\infty' P$.

Fig. 84.



Trikliner Kristall (Feldspat).

Längsprismen, Brachydoma, heissen wieder die Flächen, die der Längsachse parallel gehen ($P \breve{\infty}$).

Querprismen, Makrodoma, die der Querachse parallelen ($P \bar{\infty}$).

Längsfläche, Brachypinakoid, die, welche der Längsachse und Vertikalachse parallel geht ($\infty P \breve{\infty}$).

Querpfläche, Makropinakoid, die, welche der Querachse und Vertikalachse parallel geht ($\infty P \bar{\infty}$) und

Basis die, welche der Längs- und Querachse parallel geht ($0 P$).

In der Fig. 84 soll die Achse a der Kante P/M, die Achse b der Kante zwischen P und der hintern breiten Fläche, die Vertikalachse der Kante T/l parallel gehen, dann ist T linkes Vertikalprisma $\infty' P$, l rechtes Vertikalprisma $\infty P'$, M das Brachypinakoid $\infty P \breve{\infty}$, P die Basis $0 P$, x Makrodoma $,P,\infty$ und o die Pyramidenfläche $P,$. Zu dem triklinen System gehört u. a. Kupfervitriol (Tafel 14) und Albit (Tafel 61).

Wachstumsformen der Kristalle.

Im Vorhergehenden haben wir eine Uebersicht über die wichtigsten Kristallformen zu geben versucht und dabei immer angenommen, dass die gleichberechtigten Flächen alle gleich gross seien und so Idealformen konstruiert, die wir in der Natur kaum antreffen; hier zeigt sich die grösste Mannigfaltigkeit in der Form der gleichen Kristalle und man wird von einem Mineral kaum zwei Kristalle finden, die sich vollkommen gleich wären. Dies liegt an der Art, wie die Kristalle wachsen.

Alle Kristalle sind einmal gewachsen und um so regelmässiger geworden, je gleichmässiger ihnen von allen Seiten Nahrung zugeführt wurde, je langsamer sie sich vergrössert haben und je weniger Hindernisse ihnen entgegengetreten sind. Im günstigsten Fall bildet sich eine ideale Kristallform, in weniger günstigen Fällen durch ungleichmässige Stoffanlagerung an die gleichen Flächen entstehen verzerrte Kristalle (vergl. S. 13) oder es bilden sich Gestalten, die mehr oder weniger unfertig erscheinen, oder zierliche Gebilde, von denen man glauben möchte, dass sie ihre Form Pflanzen entliehen hätten, so wenig zeigen sie die strengen Formen, die wir sonst an Kristallen zu sehen gewohnt sind. Uns allen sind solche Gebilde wohl bekannt in den Eisblumen, die die Winterkälte an die Fenster zaubert und in den Schneesternen, die in leisem Flug zur Erde sinken und durch ihre zierliche Form und mannigfaltigen Bau unsere Bewunderung erregen. Auch unter den Mineralien kommen ähnliche Gebilde vor, die, weil ihre Gestalt oft eine Folge besonderer Vorgänge während des Wachsens ist, als Wachstumsformen bezeichnet werden. Auf Tafel 2 haben wir einige zusammengestellt, andere finden sich in dem Werke zerstreut, besonders bei Gold, Silber und Kupfer.

Figur 1—4 zeigt uns Schwefelkies in verschiedener Ausbildungsweise, ein ideales Oktaeder in Figur 1, einen noch deutlich oktaedrischen Kristall in Figur 2, aber nur seine Spitze ist vollständig ausgebildet, an den Seiten befinden sich Lücken; der Kristall ist wahrscheinlich im Verhältnis zu dem Stoff, der ihm zugeführt wurde, zu schnell gewachsen, für die vorwärts drängende Spitze hat der Stoff gereicht, für die Flächen an der Seite nicht. In erhöhtem Masse zeigt dies der Kristall in Figur 3, die Ecken des Oktaeders sind da, für die Flächen fehlte der Stoff, die vorwärtsdrängende obere Spitze hat gewissermassen einzelne Posten zurückgelassen, das ganze Feld konnte nicht besetzt werden. Ausser den Oktaederflächen treten an den seitlichen Ecken noch kleine Würfelflächen auf (sie sind nicht scharf, im Bild daher nicht deutlich zu erkennen), man könnte fast glauben, weil für sie weniger Stoff nötig war, als für die des Oktaeders. In Figur 4 endlich sehen wir Schwefelkies wie Eisblumen gewachsen, er ist hier zwischen Thonschiefer eingebettet und dies mag dazu beigetragen haben, dass er sich so weitgehend verzweigt hat. Gebilde wie diese werden wohl auch als dendritische bezeichnet (von dendron der Baum).

Besonders zierliche Wachstumsformen zeigt uns Figur 5, Wollastonit, die hier wohl auch deswegen so fein verzweigt sind, weil sie zwischen den Schichtflächen eingebettet sich gebildet haben.

Der in Figur 10 abgebildete Wismutkristall, ein würfelähnliches Rhomboeder, hat ähnlich wie der Schwefelkies die Kanten nahezu lückenlos gebildet, an Stelle der Flächen aber sehen wir kastenförmige Vertiefungen. Was wir bei Schwefelkies nur vermuten konnten, trifft hier zu, die Lücken sind eine Folge des schnellen Wachsens, dieser Kristall ist nämlich kein Mineral, sondern künstlich aus Schmelzfluss schnell zur Kristallisation gebracht worden.

Ebenso kastenförmige Vertiefungen an Stelle der Flächen zeigt der Bergkristall von Poretta bei Bologna in Fig. 8, ob auch wieder als Folge schnellen Wachsens können

Digitized by Google

wir nicht bestimmt sagen, aber wahrscheinlich dürfte es wohl so sein. Bisweilen kommt es vor, dass die Lücken später durch Kristallsubstanz geschlossen werden und nicht selten wird hierbei etwas von der Flüssigkeit, die den wachsenden Kristall umgeben hatte, eingeschlossen.

Unfertig ist auch der in Figur 9 abgebildete Kristall; um einen violetten Quarz (Amethyst) ist ein farbloser Quarz (Bergkristall) herumgewachsen, die Seiten hat er umhüllt, das obere Ende ist noch frei. Der Amethyst selbst hat noch einmal den Versuch gemacht, weiter zu wachsen und hat auf seine grosse Pyramide eine kleine aufgesetzt. Ob der Kristall, wenn er an seinem Platz im Gebirge geblieben wäre, wohl fertig geworden wäre?

Wir sehen schon hier schalenförmigen Bau, eine farblose Schale umhüllt den violetten Kern; viel ausgeprägter kommt solcher Schalenbau manchmal bei gemeinem Quarz vor, Figur 11 auf Tafel 52 ist ein Beispiel hierfür; auch bei gefärbten Mineralien (Tafel 42, 4, Tafel 47, 3, Tafel 70, 6 und Tafel 76, 2) tritt Schalenbau auf, indem die Schichten verschieden stark gefärbt sind. Er kommt dadurch zustande, dass sich auf den wachsenden Kristall die Schichten parallel zu seinen Flächen ablagern und ihre Eigenschaften sich während des Wachsens ändern, sei es, dass sich die Zusammensetzung ein wenig ändert oder Einschlüsse in manchen Schichten auftreten, in anderen nicht. Die Schichten, die sich so parallel zu einer Fläche ablagern, bilden vereinigt eine Pyramide, deren Basis die äussere Fläche ist und deren Spitze nach der Mitte des Kristalls zu liegt, man nennt sie Anwachspyramide; in Figur 8 auf Tafel 56 sehen wir solche, indem drei farblos, drei aber violett gefärbt sind. In dem nebenstehenden Gipskristall (Figur 85) sind zwei Anwachspyramiden klar, die beiden andern durch Einschlüsse trüb und undurchsichtig.

Fig. 85.

Gips aus Cornwall, mit Anwachspyramiden.

Eine andere Art von Wachstumsform zeigt uns Figur 7 »gestrickter« Bleiglanz von Grube St. Paul bei Welkenraedt in Belgien. Feine Aestchen von Bleiglanz durchdringen sich unter 90° nach allen drei Richtungen, die den Würfelflächen parallel gehen; in den Zwischenräumen sind sie von gelblicher Zinkblende fein überkrustet. Wachstumsformen sind auch die baum-, moos-, draht- und blechförmigen Gebilde, in denen die Metalle Gold, Silber, Kupfer so häufig sich finden; wie wir sehen werden, sind auch in diesen, besonders den Blechen, die Teilchen ganz gesetzmässig miteinander verflochten. Mikroskopisch kleine und feine Wachstumsformen sind in Figur 1 und 2 der Tafel 59 abgebildet, in Figur 1 kleinste nach der Achse aneinander gereihte Oktaederchen von Magneteisen, in Figur 2 Formen, die an Farrenkraut oder Blumenkohl erinnern und die wahrscheinlich dem Mineral Augit angehören.

Allerhand besondere Wachstumsformen und Wachstumsstörungen zeigen uns die auf Tafel 2a zusammengestellten Quarzkrystalle. In regelmässiger Formenausbildung haben wir Quarz in Figur 8 und 9 auf Tafel 1 kennen gelernt, eine sechsseitige Säule mit einer Pyramide; dass deren Flächen verschieden sind und als zwei Rhomboeder aufgefasst werden müssen, werden wir später sehen, hier kommt es nicht darauf an; alle Kristalle der Tafel 2a sind so aufrecht gestellt, wie die beiden der Tafel 1. Der Kristall in Figur 1 der Tafel 2a ist uns schon als Beispiel eines stark verzerrten, nach einer Prismenfläche tafeligen Kristalls entgegengetreten (Seite 13), Figur 2 zeigt uns einen

Digitized by Google

windschief gewundenen Kristall, einen andern in anderer Stellung Figur 12a und b der Tafel 2, sie sind aus vielen Einzelkryställchen aufgebaut, von denen jedes folgende von dem vorhergehenden in seiner Lage etwas abweicht; in Figur 3 ragen die Einzelkriställchen nicht mehr heraus, der Kristall ist in sich geschlossen, aber gleichfalls gewunden, wegen der aufrechten Stellung tritt es nur nicht so deutlich hervor, wie bei dem Kristall der Tafel 2. An jedem der beiden Kristalle tritt eine grosse dreieckige oder trapezförmige Fläche auf, in Figur 2 links, in Figur 3 rechts oben und so ist auch der Sinn der Krümmung bei beiden entgegengesetzt, was man hier freilich nicht deutlich sieht.

Der Kristall in Figur 5 ist um seine Hauptachse schraubenförmig gedreht, also ähnlich denen in Figur 2 und 3, nur sind diese um eine Nebenachse gekrümmt, sie waren dafür aber auch mit dem Ende dieser Nebenachse aufgewachsen, der Kristall 5 mit dem Ende der Hauptachse, alle drei sind demnach um die Achse schraubenförmig gewunden, mit deren Ende sie aufgewachsen waren. Wodurch ist dies nun geschehen? Da diese Kristalle in Hohlräumen frei aufgewachsen vorkommen, kann die Krümmung nicht wohl durch äussere Kräfte bewirkt sein, die kleinsten Teilchen selbst müssen sich in der vom Parallelismus abweichenden Stellung abgelagert haben und man vergleicht wohl die Regelmässigkeit, mit der dies geschehen ist, mit anderen regelmässigen Verwachsungen, die wir als Zwillingsverwachsungen kennen lernen werden.

Sehr merkwürdig ist der Kristall in Figur 4; hat er während seines Wachstums an dem entgegenstehenden Kristall ein Hindernis gefunden und ist umgebogen, wie eine Baumwurzel an einem Stein? oder ist der fertige Kristall durch einen immerwährenden Druck so gebogen? oder hat auf den wachsenden Kristall ein Druck eingewirkt und ist er hierdurch gekrümmt wie ein den herrschenden Winden ausgesetzter Baum? Ich wüsste die Fragen nicht zu entscheiden. Denken wir uns die Form in Wachs nachgebildet, die Säulenflächen horizontal gestreift und allmählich umgebogen, so würden die Streifen auf der innern Seite der Biegungsstelle ebenso dichter gedrängt, auf der äussern Seite weiter gedehnt sein, wie wir es hier sehen.

Einfacher liegt die Sache mit dem Kristall in Figur 7; durch plötzliche und heftige Bewegung im Gebirge, vielleicht bei einem Erdbeben, ist seine Spitze abgebrochen und später, freilich etwas verrutscht, wieder angeheilt, sie sitzt aber wieder fest und verträgt schon einen Stoss; der Quarz hat eine gute »Heilhaut«, wir treffen gar nicht selten abgebrochene Kristalle mit ausgeheilter Bruchfläche. Auch »Wucherungen« und »Neubildungen« kommen an ihm vor, an dem Kristall der Figur 8 hat sich ein jüngerer Quarz angesiedelt, der in Figur 9 ist an seiner Spitze weiter gewachsen, Scepterquarz wird er genannt; wir erinnern an die Umwachsung in Figur 9 auf Tafel 2, und das Kristallskelett in Figur 8 derselben Tafel; hier war die Form immer noch deutlich zu erkennen, von Figur 6 auf Tafel 2a kann man dies nicht mehr sagen, es ist ein Gebilde, das mit einem Kristall schon sehr wenig Aehnlichkeit mehr hat, bis ins innerste Mark erscheint es zerfressen.

Verwachsung von Kristallen derselben Substanz.

Mehrere Kristalle derselben Substanz finden wir oft miteinander verwachsen, entweder ganz unregelmässig als Kristallgruppe, Tafel 79, 5, oder gesetzmässig als Parallelverwachsung oder als Zwilling.

Bei einer Parallelverwachsung sind die gleichen Flächen der einzelnen Kristalle einander parallel, was man daran erkennt, dass sie alle gleichzeitig einspiegeln. Eine Parallelverwachsung von Kalkspat ist z. B. in Figur 6 der Tafel 2 abgebildet; die

Digitized by Google

aufrecht stehenden Säulen sind nicht nur untereinander parallel, sondern auch mit dem dunklen Kristall, aus dem sie herauszuwachsen scheinen; dies ist nämlich gleichfalls Kalkspat und er ist hier so gestellt, dass seine Hauptachse aufrecht steht, wie die der Säulen, die als jüngere Generation auf ihn aufgewachsen sind, nicht unregelmässig, wie auf beliebiger fremder Unterlage, sondern mit ihm parallel. In Parallelverwachsung sind die Kristalle vereinigt, welche die grosse auf Tafel 77 abgebildete Schwerspatstufe bilden.

Von dem strengen Parallelismus kommen nicht selten Abweichungen vor und dann besonders so, dass die nächsten Teilchen nur sehr wenig abweichen, die folgenden etwas mehr und so fort, sodass die zuletzt angelegten gegen die ersten sehr erheblich schief liegen. Im einzelnen kann hierbei je nach der Form der Kristalle grosse Mannigfaltigkeit herrschen. Ein Beispiel hierfür ist in Figur 11 auf Tafel 2 abgebildet, eine sogenannte Eisenrose vom St. Gotthard, d. i. Eisenglanz, dessen sechsseitige Täfelchen in der angegebenen Weise nicht parallel miteinander verwachsen sind. Durch solche nicht parallele Verwachsungen entstehen die garbenförmigen Kristalle von Desmin (Figur 1 auf Tafel 64), die sattelförmigen von Braunspat (Figur 86) und wohl auch die windschiefen von Quarz.

Zwillinge. Nicht selten trifft man Kristalle an, die aus zwei Einzelkristallen desselben Minerals bestehen, die aber nicht in Parallelverwachsung vereinigt sind, son-

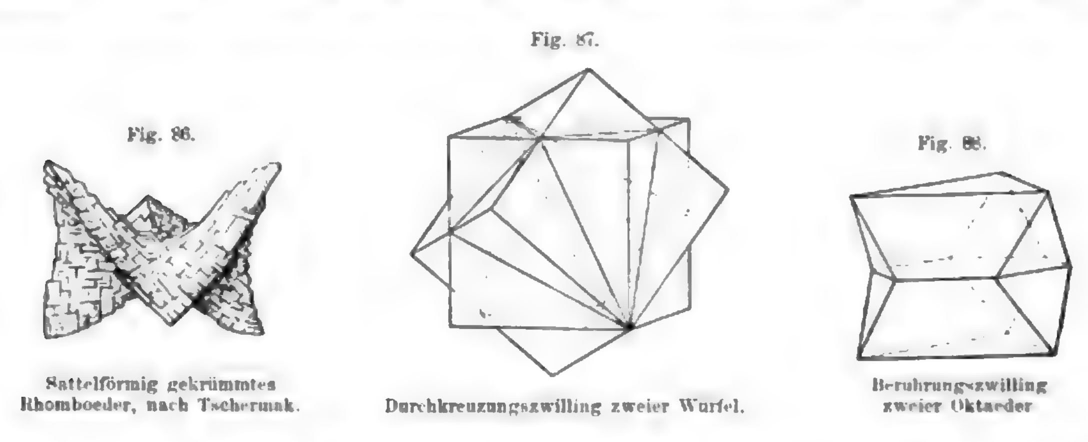


Fig. 86. Sattelförmig gekrümmtes Rhomboeder, nach Tschermak.

Fig. 87. Durchkreuzungszwilling zweier Würfel.

Fig. 88. Berührungszwilling zweier Oktaeder

dern entweder so, dass der eine Kristall von dem andern durchwachsen ist oder so, dass an einem scheinbar halben Kristall ein anderer halber angewachsen ist und in beiden Fällen findet man bei näherer Betrachtung, dass die Verwachsung in bestimmter Weise regelmässig erfolgt ist.

In der Figur 87 erkennen wir in dem einen aufrechten Kristall unschwer einen Würfel, durch ihn ist ein zweiter so hindurchgewachsen, dass sie beide in der rechten untern und linken obern Ecke (hinten) zusammenstossen, denken wir uns mit dem Würfel das Oktaeder kombiniert (Figur 25), so würde eine Oktaederfläche an beiden Würfeln zugleich die rechte untere Ecke abstumpfen, beide Würfel hätten diese Oktaederfläche gemeinsam und der eine wäre gegen den andern um die Senkrechte zu dieser Oktaederfläche um 60° oder 180° gedreht, hierin besteht die Gesetzmässigkeit ihrer Verwachsung. In der Figur 88 sehen wir zwei scheinbar halbe reguläre Oktaeder vereinigt, sie sind so gezeichnet, dass sie auf einer ihrer Flächen aufliegen, mit der parallelen zu dieser Oktaederfläche sind sie verwachsen und im Vergleich zu einem einfachen Oktaeder scheint hier die obere Hälfte gegen die untere um 60° oder 180° um die Senkrechte zur obern Oktaederfläche gedreht und hierin besteht die Gesetzmässigkeit ihrer Verwachsung.

Solche gesetzmässige, aber nicht parallele Verwachsungen von Kristallen derselben Substanz werden Zwillinge genannt. Zwei Individuen haben eine Ebene, die

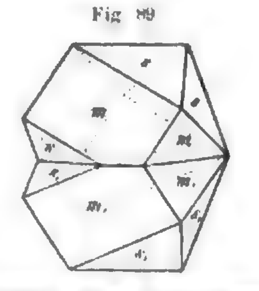
Digitized by Google

Zwillingsebene gemeinsam und sind entweder, wie in dem letzten Beispiel, aneinander gewachsen und heissen dann Berührungszwillinge, oder das eine ist durch das andere hindurchgewachsen, wie in dem ersten Beispiel und heissen dann Durchkreuzungszwillinge; beide besitzen meist einspringende Winkel.

Einen Zwillingskristall kann man von zwei einfachen Kristallen ableiten, wenn man beide zuerst parallel nebeneinander stellt und dann den einen um die zur Zwillingsebene senkrechte Linie, die man Zwillingsachse nennt, um 180° dreht. Man kann sich hierbei leicht davon überzeugen, dass die Zwillingsebene keiner Symmetrieebene parallel gehen darf, weil da nach einer Drehung um 180° die Individuen wieder parallel sind. Die Berührungszwillinge sind meist parallel zur Zwillingsebene stark verkürzt, so dass ein Zwillingskristall nicht aussieht, als ob er aus zwei ganzen, sondern als ob er aus zwei halben Individuen bestände. Durch Holzmodelle wird daher die Zwillingsbildung sehr passend in der Weise erläutert, dass das Modell eines ganzen Kristalls in der Mitte parallel zur Zwillingsebene durchgesägt und um die Zwillingsachse drehbar gemacht wird; durch eine Drehung um 180° erhält man dann aus dem Modell des einfachen Kristalls das Modell seines Zwillings.

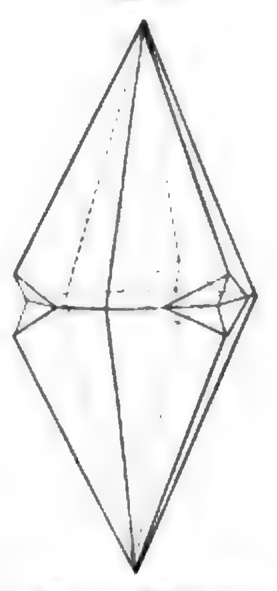
Im regulären System ist die Zwillingsebene meist eine Oktaederfläche; bei dem in Figur 87 abgebildeten Zwilling (von Flussspat) ist die Oktaederfläche, welche an beiden Würfeln zugleich die Ecke abstumpfen würde, die Zwillingsebene, bei dem Oktaeder in Figur 88 die Oktaederfläche, mit welcher beide verwachsen sind. Besonders eigenartig sind diese Zwillinge bei Gold und Silber ausgebildet, indem die Kristalle nach der Zwillingsebene blechartig dünn sind, wir werden Beispiele hierfür später kennen lernen.

Fig. 89



Zwilling eines quadratischen Minerals (Zinnstein) nach einer Pyramide der zweiten Stellung.

Fig. 90.



Zwilling eines Skalenoeders von Kalkspat nach der Basis.

Im quadratischen System ist am häufigsten eine Pyramidenfläche Zwillingsebene, die dann in der Regel als Pyramide zweiter Stellung angenommen wird. Der Kristall in Figur 89 ist von der Pyramide $s = P$ und dem Vertikalprisma $m = \infty P$ begrenzt und die Fläche, mit der beide Individuen verwachsen sind, würde die im Bild obere Kante abstumpfen, es ist also die Pyramide zweiter Stellung $P\infty$. Bei Zinnstein auf Tafel 38 lernen wir solche Zwillinge kennen und ähnliche bei Rutil auf Tafel 39.

Bei den rhomboedrischen Kristallen des hexagonalen Systems ist meist die Basis oder eine Rhomboederfläche Zwillingsebene. Die Figur 90 stellt ein Skalenoeder vor, wie wir es als einfache Form in Figur 69 kennen gelernt haben. Die untere Hälfte ist gegen die obere um 60° (oder 180°) gedreht, Zwillingsebene ist die Basis. Der Kalkspat in Figur 6 auf Tafel 78 ist ein solcher Zwilling und von einem einfachen Skalenoeder dadurch zu unterscheiden, dass in einer Seitenecke von oben und unten gleiche Kanten zusammenstossen und die Seitenkanten in eine Ebene fallen, nicht mehr im Zickzack auf und ab gehen.

Bei Zwillingen rhombischer Kristalle ist meist eine Prismenfläche, seltener eine Pyramidenfläche Zwillingsebene. Der Kristall in Figur 91 ist begrenzt von dem Vertikalprisma $m = \infty P$, dem Brachypinakoid $b = \infty P\breve{\infty}$ und dem Brachydoma $k = P\breve{\infty}$, das zweite Individuum ist mit dem ersten so verwachsen, dass es eine Fläche des Vertikal-

prismas mit ihm gemeinsam hat und um 180° gegen dasselbe gedreht erscheint. Bei Aragonit (Tafel 74) werden uns solche Zwillinge begegnen.

Bei Zwillingen monokliner Kristalle ist meist das Orthopinakoid, aber auch die Basis oder ein Klinodoma Zwillingsebene. Die einfache Form des Augitzwillings in Figur 92 haben wir bereits in Figur 82 kennen gelernt; im Zwilling sind zwei Individuen so verwachsen, dass sie das Orthopinakoid *a* gemeinsam haben und das eine gegen das andere um 180° gedreht ist.

An triklinen Kristallen kann jede Fläche Zwillingsebene sein, am meisten sind es die, welche als die drei Pinakoide angenommen werden.

Bisweilen wiederholt sich die Zwillingsbildung bald nach derselben Zwillingsebene, dann ist das erste Individuum dem 3. 5. 7., das zweite dem 4. 6. 8. u. s. w. parallel

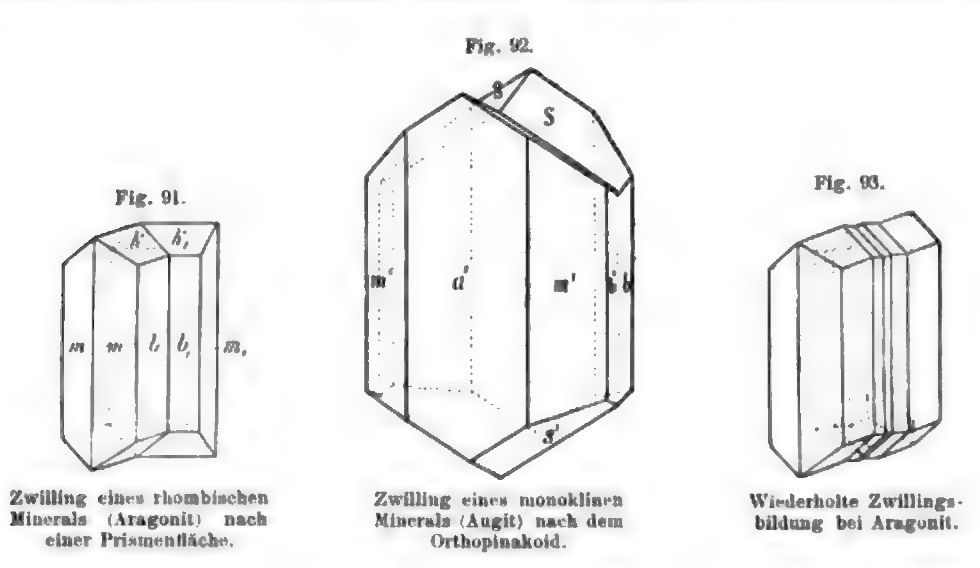


Fig. 91. Zwilling eines rhombischen Minerals (Aragonit) nach einer Prismenfläche.

Fig. 92. Zwilling eines monoklinen Minerals (Augit) nach dem Orthopinakoid.

Fig. 93. Wiederholte Zwillingsbildung bei Aragonit.

und jedes einzelne befindet sich in Zwillingsstellung zu seinen benachbarten; hierbei werden die einzelnen Individuen sehr dünn, lamellenartig. Bei den triklinen Feldspaten und Aragonit ist diese Zwillingsbildung häufig. Die Figur 93 zeigt uns dies an Aragonit; mit dem vordern Individuum ist ein zweites verwachsen wie in Figur 91, aber es ist hier sehr schmal, und nun wiederholt sich die Zwillingsbildung nach derselben Prismenfläche noch dreimal, das letzte (fünfte) Individuum ist dem ersten parallel, die dazwischen gelagerten treten meist nur in feineren Lamellen auf (vergl. Tafel 74, 3 und 4).

In anderen Fällen wiederholt sich die Zwillingsbildung nach verschiedenen, aber unter sich gleich berechtigten Ebenen; z. B. sind die Flächen eines rhombischen Prismas unter sich gleich berechtigt und so gut wie nach der einen, kann auch nach der andern Fläche Zwillingsbildung erfolgen; bei Aragonit ist diese Zwillingsbildung häufig. Da seine Prismenflächen einen Winkel von 116° miteinander bilden und die Lücke zwischen ihnen von Kristallsubstanz ausgefüllt wird, sehen die Zwillingskristalle einem hexagonalen Prisma mit Basis sehr ähnlich (vergl. Figur 5—7 auf Tafel 74), sie ahmen höhere Symmetrie nach als sie wirklich besitzen. Wenn der Winkel sich 120° noch mehr nähert, kann man mit blossem Auge schon recht schwer oder gar nicht mehr erkennen, ob der Kristall rhombisch oder hexagonal sei.

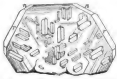
Solche Kristalle, die höher symmetrisch erscheinen, als sie tatsächlich sind, pflegt man als mimetische zu bezeichnen.

Digitized by Google

Verwachsungen von Kristallen verschiedener Mineralien und Einschlüsse in Kristallen.

Einzelne Mineralien findet man manchmal mit anderen gesetzmässig verwachsen, obwohl ihr Stoff ganz verschieden ist. Auf der Basis von Eisenglanz, Fig. 9 auf Taf. 28 und Textfigur 94, liegen Prismen des rötlichen, quadratischen Rutil nach drei Richtungen angeordnet, mit dem blauen triklinen Cyanit (dem grösseren Kristall in Figur 95) ist brauner rhombischer Staurolith (Tafel 51, 1), mit Augit ist Hornblende verwachsen. Ein Beispiel für diese Verwachsung sehen wir im Querschnitt in Figur 3 auf Tafel 67 abgebildet. Der licht gefärbte Augit (im Bilde oben) besitzt Spaltbarkeit nach zwei Richtungen, die sich unter 87° schneiden, die dunkle Hornblende (im Bild unten) besitzt Spaltbarkeit nach zwei Richtungen, die sich unter 124 ½° schneiden; beide Mineralien sind monoklin und so miteinander verwachsen, dass sie das Orthopinakoid gemeinsam haben und der Winkel der Spaltflächen durch die gleiche Diagonale in beiden halbiert wird. Das eine Mineral übt hier offenbar auf die sich abscheidenden Teilchen des andern eine Kraft aus, die bewirkt, dass sie sich nach bestimmten Richtungen anlagern.

Fig. 94.

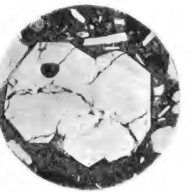


Regelmässige Verwachsung von Rutil (kleine Säulen) und Eisenglanz, nach Tschermak.

Fig. 95.

Regelmässige Verwachsung von Staurolith (klein) mit Cyanit, nach Tschermak.

Fig. 96.



Glaseinschluss in Leucit. Lava vom Vesuv. Vergrösserung 45fach.

Fig. 97.

Mineraleinschlüsse (dunkel) in Hypersthen (hell). Vergrösserung 45fach.

Sehr häufig finden sich Einschlüsse von Fremdkörpern in den Kristallen und man sieht sie um so besser, je grösser sie sind und je durchsichtiger die Kristalle; es sind manchmal selbst wieder Mineralien, in anderen Fällen aber auch Glas-, Schlacke-, Flüssigkeits- oder Gaseinschlüsse und sie sind bald regellos im Kristall verteilt, bald

Digitized by Google

gesetzmässig in ihm orientiert. Grünen Strahlstein als Einschluss in klarem Bergkristall sehen wir in Figur 9 auf Tafel 54, Rutilnadeln in Bergkristall in Figur 4 auf Tafel 55, Glaseinschluss in Leucit im Dünnschliff einer Lava in Figur 96. Regelmässig angeordnete Glas- und Schlackeneinschlüsse zeigt uns der Feldspat in Figur 5 auf Tafel 59 und der Leucit in Figur 4 auf Tafel 61a. Flüssigkeitseinschlüsse sind daran zu erkennen, dass sie ein bewegliches Bläschen, eine Libelle, besitzen, die beim Neigen des Kristalls nach oben steigt, Gaseinschlüsse sind meist nur mikroskopisch klein.

Die Einschlüsse haben in mehrfacher Hinsicht Bedeutung, sie verursachen manchmal besondere Farbenerscheinungen, die den einschlussfreien Mineralien nicht zukommen; so bewirken regelmässig eingelagerte dünnste braune Einschlüsse vielleicht von Titaneisen (Figur 97) den kupferartigen Schiller von Hypersthen (Tafel 65, 2), andere das lebhafte Farbenspiel von Labradorfeldspat, den roten Schimmer des Sonnensteins.

Einschlüsse von Glas und Schlacke beweisen, dass die Mineralien sich aus glühend-flüssiger Lava, solche von Flüssigkeit, dass sie sich aus einer Lösung ausgeschieden haben. Einschlüsse von flüssiger Kohlensäure beweisen, dass die Kristalle sich unter starkem Druck gebildet haben. Einschlüsse von Petroleum in Steinsalz (Tafel 70, 6) zeigen, dass bei der Kristallisation von diesem Steinsalz Petroleum zugegen war.

Ausbildung der Kristalle.

Bei der Beschreibung der Kristallformen haben wir stillschweigend vorausgesetzt, dass sie ringsum von Flächen umgeben seien; das ist aber nur möglich, wenn sie sich ringsum frei ausbilden konnten, also in irgend einer nachgiebigen Masse schwebend sich gebildet haben, in einem Gestein eingewachsen (Tafel 47, 13, Tafel 41, 1—6), sich finden. Die meisten aber sind auf irgend einer Unterlage aufgewachsen (Tafel 1, Figur 2, 5, 7), wie alle die, welche auf den Wänden einer Spalte, eines Hohlraumes sich gebildet haben; diese konnten sich natürlich auf der Seite, mit welcher sie festgewachsen waren, nicht mit Flächen umgeben, sie sind daher unvollständig, der Mineraloge zieht sie aber trotzdem den eingewachsenen Kristallen vor, weil ihre Flächen viel glänzender sind und die Winkel mit dem Goniometer besser gemessen werden können. Auch sind die aufgewachsenen Kristalle in der Regel viel flächenreicher als die eingewachsenen. Unregelmässig miteinander verwachsene, eingewachsene Kristalle bilden eine Kristallgruppe (Tafel 79, 4 und 5), auf einer Unterlage festgewachsene Kristalle eine Stufe oder Druse (Tafel 1, Figur 1 und 7, Tafel 23 und Titeltafel mit Rauchtopas).

Drusen, die in grösseren Blasen der Gesteine die Wände der Hohlräume bekleiden, werden Geoden oder Hohldrusen genannt. Geoden in grossem Massstab sind die Kristallkeller, Klüfte und Höhlen, deren Wände mit zahllosen, oft besonders grossen Kristallen bekleidet sind. Bekannt sind solche Kristallkeller in den Alpen, wo sie besonders Bergkristall enthalten; die im Gipsgebirge enthalten Gipskristalle; im Kalkgebirge enthalten die Höhlen Kalkspat in Form von Tropfstein, es sind die bekannten Tropfsteinhöhlen, bewundert wegen der mannigfachen Form der von der Decke zum Boden strebenden Stalaktiten.

Je dichter gedrängt die Kristalle sind, desto mehr behindern sie sich gegenseitig in ihrer Ausbildung und es kommt schliesslich soweit, dass sich gar keine freien Formen mehr bilden, sondern nur Zusammenhäufungen, Aggregate kristallinischer Massen; manche Mineralien neigen in hohem Grade zur Bildung von Aggregaten, andere weniger. Nach der Form der Mineralstückchen, welche ein Aggregat bilden und ihrer Anordnung, werden diese als blättrige (Tafel 41, 8), faserige (Tafel 41, 9), stenglige (Tafel 15, 10),

radialstrahlige (Tafel 22, 5), konzentrisch-schalige (Tafel 13, 6), körnige unterschieden und nach der Grösse als grob, fein oder dicht bezeichnet. Bisweilen vereinigen sich zwei Aggregatformen an demselben Stück, so bei Malachit (Tafel 12, 7), die radialfaserige mit der konzentrisch-schaligen. In der gleichen Weise tritt diese Vereinigung bei Roteisenstein (Tafel 28, 11), Brauneisenstein (Tafel 30, 3) und andern Mineralien auf; dieselben haben dann oft eine rundliche, nieren- oder zapfenförmige Oberfläche (Tafel 13, 5 und Tafel 28, 10), bei Erzen werden solche Aggregate meist Glaskopf genannt und nach der Farbe weiter unterschieden.

Pseudomorphosen.

Oft finden sich Mineralien in Kristallformen, die sie nicht selbst geschaffen haben; das Mineral, das die Form gebaut hat, ist von dem ersetzt, das die Form jetzt ausfüllt, oft vollständig, oft nur an der Oberfläche, sodass im Innern noch Reste des ursprünglichen Minerals vorhanden sind. Solche umgewandelte Kristalle nennt man Pseudomorphosen, sie können sich bilden, wenn im Laufe der Zeit die Verhältnisse andere werden, als bei der Entstehung der Kristalle geherrscht hatten. Der Prozess, der die Umwandlung herbeigeführt, ist meistens ein rein chemischer, durch Lösungen herbeigeführt, die auf den Kristall eingewirkt haben, und von andern gleichen nur dadurch unterschieden, dass er sich innerhalb einer Kristallform abspielt. Die Pseudomorphosen sind darum besonders wichtig, weil wir aus der Form auf das ehemalige Mineral, aus der Substanz auf die Vorgänge schliessen können, welche die chemische Umwandlung herbeigeführt haben. Einige Beispiele mögen dies näher erläutern.

Der in Figur 3 auf Tafel 3 abgebildete Kristall, der Form nach ein reguläres Rhombendodekaeder, besteht aus Malachit, die grüne Farbe deutet es schon an, die chemische Untersuchung würde es bestätigen. Malachit bildet aber, wenn er für sich kristallisiert, nadelförmige monokline Prismen und nicht, wie hier, reguläre Kristalle; bei weitergehender Untersuchung würden wir wahrscheinlich auch finden, dass der Malachit sich nur an der Oberfläche angesiedelt hat, dass die Substanz im Innern rot und durchscheinend ist. Bei dem in Fig. 2 abgebildeten Kristall von demselben Fundort ist dies ganz gewiss der Fall; der Malachit beginnt erst eben an der Oberfläche sich zu bilden und endlich der in Fig. 1 abgebildete ist noch vollständig frisch, es ist ein Kristall von Rotkupfererz, das aus Kupfer und Sauerstoff besteht. In kohlensäurehaltigem Wasser ist diese Verbindung unbeständig, sie nimmt Kohlensäure und Wasser auf und geht in den grünen Malachit über, der Kupfer, Kohlensäure und Wasser enthält; bei dem in Figur 2 abgebildeten Kristall hat die Umwandlung eben begonnen, der folgende ist äusserlich vollständig umgewandelt, von dem in Figur 4 abgebildeten ist nach vollständiger Umwandlung ein Teil seiner Substanz fortgeführt, wenn nicht etwa der Kristall von Anfang an kastenförmig ähnlich dem in Figur 8 auf Tafel 2 gebaut war. Mit dieser Umwandlung ist eine Aufnahme von Kohlensäure, Sauerstoff und Wasser verbunden. Aber nicht immer verläuft die Umwandlung bei demselben Mineral in der gleichen Weise, es kommt dies ganz auf die Lösungen an, mit denen der Kristall in der Erde in Berührung gekommen ist. Enthält die Lösung Bestandteile, die selbst gern Sauerstoff aufnehmen, dann kann es kommen, dass sie diesen dem Mineral entziehen, aus dem Rotkupfererz wird dann gediegen Kupfer; dies ist bei dem in Figur 5 abgebildeten Kristall geschehen, im Innern enthält er noch frisches Rotkupfererz, aussen besteht er aus gediegen Kupfer, es ist eine Pseudomorphose von gediegen Kupfer nach Rotkupfererz. Die in Figur 7 und 8 auf Tafel 3 abgebildeten Kristalle sind reguläre Würfel und bestehen aus Eisenoxyd und Wasser, einer

Verbindung, die für sich niemals reguläre Kristalle bildet. Wer hat nun die Form geschaffen? Die Flächen der Kristalle sind parallel zu einer Kante gestreift und dies führt uns auf die richtige Spur, wir kennen Würfel mit solchen gestreiften Flächen bei Schwefelkies, Figur 6, der aus Eisen und Schwefel besteht. Nun verbindet sich Eisen, wie bekannt, leicht mit dem Sauerstoff der Luft und mit Wasser, es rostet, und dies gilt auch für das Eisen im Schwefelkies, während der Schwefel in andere Verbindungen übergeht und mit dem Wasser, das die Kristalle im Erdinnern immer umgibt, allmählich fortgeführt wird. Wenn wir einen solchen Kristall zerschlagen, finden wir oft im Innern noch frischen Schwefelkies, Figur 9. In diesen Beispielen hat die ursprüngliche Substanz des Kristalls eine chemische Umwandlung erfahren, derart, dass die neu entstandene Substanz noch Stoffe der ursprünglichen (Kupfer oder Eisen) enthält, andere ausgetauscht hat, man nennt daher diese Art von Pseudomorphosen Umwandlungspseudomorphosen.

In andern Fällen hat die neue Substanz mit der ursprünglichen nichts gemein, diese ist nicht umgewandelt, sondern durch eine andere ersetzt, verdrängt worden. Eine solche Reihe sehen wir in den Figuren 10—12 abgebildet, in Figur 10 frischen Kalkspat, in Figur 11 ist dieser mit rotem Eisenoxyd staubförmig überzogen, in Figur 12 durch Eisenoxyd ersetzt. Der Kalkspat wirkt nämlich auf Eisenlösungen fällend, Eisenoxyd schlägt sich aus der Lösung auf ihn nieder, während Teilchen von ihm dafür in Lösung gehen. Im weiteren Verlauf wird der Kalkspat vollständig fortgeführt und Eisenoxyd als Roteisenstein tritt an seine Stelle, oft aber wird das Innere, wie bei dem in Figur 12 abgebildeten Stück, durch Quarz ausgefüllt. Dass das Eisen hier als Oxyd und nicht als Eisenoxydulkarbonat auftritt, wird wohl daran liegen, dass Eisenoxydulsalze leicht oxydiert werden. Enthielt die mit Kalkspat in Berührung gekommene Lösung einen Stoff, der der Oxydation nicht ausgesetzt ist, so kann er sich auch als Karbonat auf dem Kalkspat absetzen, sobald sein Karbonat schwerer löslich ist als das Calciumkarbonat des Kalkspats. Dies ist der Fall für Bitterspat und Zinkspat, beide treffen wir daher in Pseudomorphosen nach Kalkspat. Bitterspat, ein Doppelsalz, das aus Calciumkarbonat und Magnesiumkarbonat besteht, bildet auf den Kristallen oft nur eine dünne Kruste, darunter ist noch Kalkspat vorhanden, oft aber ist dieser durch Bitterspat, in andern Fällen durch Zinkspat völlig verdrängt. Pseudomorphosen, wie die hier beschriebenen, werden daher als Verdrängungspseudomorphosen bezeichnet.

Selten kommen Pseudomorphosen vor, bei denen eine chemische Umwandlung nicht stattgefunden hat, verändert hat sich nur das spezifische Gewicht und der innere Bau des Kristalls, seine chemische Zusammensetzung ist dieselbe geblieben. Eine solche ist auf Tafel 19 in Figur 13 abgebildet. Die Form ist ein rhombisches Prisma mit Pyramide, die Substanz, welche die Form geschaffen hat, ist Titandioxyd TiO_2 und heisst als Mineral Brookit; ihr spezifisches Gewicht ist nahezu $= 4$. Die Substanz, welche die Form jetzt ausfüllt, ist ebenfalls Titandioxyd, ihr spez. Gewicht ist aber höher (über 4,2) und der Kristall ist nicht mehr einheitlich gebaut, sondern besteht aus unzähligen, nach verschiedenen Richtungen gelagerten prismatischen Kriställchen, die der Oberfläche einen damastartigen Schimmer verleihen. Die Kriställchen gehören dem quadratischen System an und haben alle Eigenschaften des Minerals Rutil; ohne Aenderung der chemischen Zusammensetzung ist der rhombische Brookit in ein feines Aggregat von quadratischem Rutil übergegangen, nur die Anordnung der kleinsten Teilchen hat sich geändert, man sagt, es sei eine molekulare Umlagerung eingetreten. Etwas derartiges kann nur vorkommen bei Substanzen, die mit verschiedenen physikalischen Eigenschaften in verschiedenen Formen auftreten können, Substanzen, die wir später als polymorph kennen lernen werden, ihre Pseudomorphosen werden als Paramorphosen bezeichnet, der in Figur 13 auf Tafel 19 abgebildete Kristall ist eine Paramorphose von Rutil nach Brookit. Eine

ähnliche Umwandlung kommt auch bei Aragonit vor, indem dieser in den ebenso zusammengesetzten Kalkspat übergeht (Tafel 74, 9), bei Tridymit, indem dieser unter Erhaltung seiner Form in Quarz übergeht. Der in Figur 14 auf Tafel 54 abgebildete Kristall hat die Form von Tridymit und dessen Substanz, Kieselsäure SiO_2, hat die Form geschaffen, er besteht aber jetzt aus Quarz, ebenfalls Kieselsäure aber mit anderem spezifischem Gewicht und überhaupt mit andern physikalischen Eigenschaften, es ist eine Paramorphose von Quarz nach Tridymit.

Amorphe Körper.

Die Kristalle beweisen uns durch ihre regelmässige, ebenflächige Begrenzung und die Spaltbarkeit, dass ihre Eigenschaften nach verschiedenen Richtungen verschieden sind und wir können daraus schliessen, dass die kleinsten Teilchen in ihnen regelmässig angeordnet sind. Im Gegensatz hierzu gibt es einige wenige Mineralien, die keine ebenflächige Begrenzung besitzen, und deren innere Eigenschaften nach allen Richtungen gleich sind, die darum auch keine Spaltbarkeit besitzen, sie heissen gestaltlos, amorph. Ein solcher Körper ist z. B. das Fensterglas, unter den Mineralien werden wir Opal als amorph kennen lernen, die äussere Gestalt ist kugelig, traubig, nicht von der Substanz geschaffen, sondern unter dem Einfluss von aussen wirkender Kräfte, besonders der Schwerkraft gebildet, sie hat daher keine besondere Bedeutung. Wir nehmen an, dass die kleinsten Teilchen in ihnen regellos durcheinander liegen.

Die physikalischen Eigenschaften der Mineralien.

Von den physikalischen Eigenschaften der Kristalle ist uns die Härte und Spaltbarkeit schon bei der ersten Betrachtung aufgefallen.

Unter Härte verstehen wir den Widerstand, den ein Mineral einer eindringenden Spitze entgegensetzt, von zwei Körpern ist der der härtere, der den andern ritzt. Versucht man mit einem harten Gegenstand, z. B. einem Messer, verschiedene Mineralien zu ritzen, so wird man finden, dass die Spitze in manche leicht, in andere schwer und in wieder andere gar nicht eindringt, dass also die Mineralien verschieden hart sind. Um den Grad der Härte ungefähr angeben zu können, hat man folgende Reihe von Mineralien (die Härteskala) zusammengestellt, von denen das folgende immer härter als das vorhergehende ist:

1. Talk, 2. Gips, 3. Kalkspat, 4. Flussspat, 5. Apatit, 6. Feldspat, 7. Quarz, 8. Topas, 9. Korund, 10. Diamant.

Hiermit kann man die Härte eines Minerals leicht bestimmen, indem man es an einer glatten Stelle mit den Gliedern der Skala zu ritzen versucht. Das härtere ritzt immer das weichere, gleich harte Mineralien ritzen sich gegenseitig nicht oder nur wenig. Ein Mineral hat entweder dieselbe Härte wie ein Glied der Skala (z. B. Granat $H = 7$), oder ist weicher als das eine und härter als das andere (z. B. Steinsalz $H = 2^1/_2$). Die Härte wird abgekürzt H geschrieben, der Grad, wie in diesen Beispielen durch die Nummer in der Skala angegeben. $H = 7$ heisst also, das Mineral ist so hart wie Quarz. Mineralien bis Härte 2 werden vom Fingernagel leicht geritzt und fühlen sich fettig an

Digitized by Google

RARE BOOK ROOM

HARVARD UNIVERSITY

MINERALOGICAL LIBRARY

GEOLOGICAL MUSEUM
From the
Burrage Collection

DEC 12 1949

Digitized by Google

DAS

MINERALREICH

VON

Dr. REINHARD BRAUNS,
ordentl. Professor an der Universität Giessen.

Mit vielen Text-Illustrationen

73 Farbentafeln, 14 Lichtdrucktafeln und 4 Kunstdrucktafeln.

STUTTGART.
Fritz Lehmann, Verlag.
1903.

Digitized by Google

Druck der Stuttgarter Vereins-Buchdruckerei in Stuttgart.

Digitized by Google

Inhalts-Verzeichnis.

Einleitung.

Seite

Das Mineralreich 5
Die Grenzen des Mineralreichs 6
Gestein und Mineral 7

Die Form der Mineralien.

Kristalle 9
Einfache Kristallform und Kombination . 10
Die Beschaffenheit der Kristallflächen . 11
Das Wesentliche einer Kristallform . . . 11
Verzerrungen 13
Die gesetzmässigen Beziehungen in der gegenseitigen Lage der Kristallflächen . 14
Kristallsysteme 17
Holoeder und Hemieder 19
Erkennung der Symmetrie 20
Beschreibung der Kristallformen 21
Reguläres System 21
Quadratisches System 27
Hexagonales System 29
Rhombisches System 33
Monoklines System 35
Triklines System 36
Wachstumsformen der Kristalle 37
Verwachsungen von Kristallen derselben Substanz. Zwillinge 39
Verwachsungen von Kristallen verschiedener Mineralien und Einschlüsse in Kristallen 43
Ausbildung der Kristalle 44
Pseudomorphosen 45
Amorphe Körper 47

Die physikalischen Eigenschaften der Mineralien.

Härte 47
Spaltbarkeit 48
Spezifisches Gewicht 48
Die optischen Eigenschaften 50
Erkennung der Doppelbrechung 53
Beobachtungen im Polarisationsapparat . 54
Dichroismus 57

Die chemischen Eigenschaften der Mineralien.

Die Bestandteile der Mineralien und ihre Bestimmung 58
Dimorphie und Isomorphie 60
Entstehung der Mineralien 61

Spezieller Teil.

Die Erze und ihre Abkömmlinge nebst Schwefel.

Seite

Erz 63
Erzlagerstätten 64
Gold 66
Golderze, Schrifterz, Blättererz 76.
Platin 78
Gediegen Silber und Silbererze 81
Gediegen Silber 81. Silberglanz 83. Antimonsilber 84. Hornerz 84. Rotgültigerze 85. Melanglanz 86. Argyrodit 87.
Gediegen Kupfer und Kupfererze 90
Gediegen Kupfer 90. Kupfererze 93. Kupferglanz 93. Kupferkies 93. Buntkupfererz 95. Fahlerz 96. Bournonit 98. Rotkupfererz 99. Tenorit 100. Malachit 100. Kupferlasur 101. Atacamit 102. Dioptas 103. Kupfervitriol 103.
Quecksilbererze 106
Gediegen Quecksilber, Amalgam, Zinnober 106.
Bleierze 108
Bleiglanz 109. Bleiantimonglanz 110. Weissbleierz 111. Phosgenit 112. Anglesit 113. Rotbleierz 113. Pyromorphit 114. Mimetisit 114. Gelbbleierz 115.
Zinkerze 116
Zinkblende 117. Wurtzit 119. Rotzinkerz 119. Franklinit 120. Zinkspinell 120. Willemit 120. Kieselzinkerz 120. Zinkspat 121. Zinkblüte 122.
Antimonerze 124
Gediegen Antimon 124. Antimonglanz 125. Sénarmontit 126. Rotspiessglanz 126.
Wismuterze 127
Gediegen Wismut 127. Wismutglanz 128.
Arsenerze 129
Gediegen Arsen 129. Auripigment 130. Realgar 130. Arsenkies 140. Arseneisen 141.
Schwefel 131
Schwefelkiesgruppe 134
Schwefelkies 135. Markasit 139. Arsenkies 140. Arseneisen 141. Magnetkies 141.
Eisenerze 142
Eisenglanz 143. Roteisenstein 145. Magneteisen 146. Chromeisenstein 148. Eisenspat 149. Brauneisenstein 150. Goethit 151.
Meteoreisen und Meteorsteine 154
Manganerze 160
Pyrolusit und Polianit 160. Psilomelan 161. Wad 161. Manganit 161. Hausmannit 162. Braunit 162. Manganspat 162. Rhodonit 162. Hauerit und Manganblende 163.
Nickelerze 165
Nickelkies 165. Rotnickelkies 165. Nickelglanz 166. Chloanthit 166. Garnierit 166.
Kobalterze 167
Kobaltglanz 168. Kobaltarsenkies 168. Speiskobalt 169. Kobaltblüte 169.

Digitized by Google

Seite

Wolframverbindungen 170
Scheelit 170. Wolframit 170.
Molybdänverbindungen 172
Molybdänglanz 172.
Uranverbindungen 173
Uranpecherz 173. Uranglimmer 174.
Zinnerze 175
Zinnstein 176.
Titanverbindungen 180
Rutil 180. Anatas 183. Brookit 183. Perowskit 184. Titanit 185. Titaneisen 186.

Die Edelsteine und ihre Verwandten.

Edelsteine 188
Die Schliffformen der Edelsteine . . . 189
Die Technik der Edelsteinschleiferei . . 191
Das Gewicht, die Bestimmung, die Verfälschungen der Edelsteine 194
Geschichtliches 196
Heilwirkungen der Edelsteine 198
Diamant 200
Graphit 209
Korund 210
Das metallische Aluminium 217.
Spinell 218
Zirkon 221
Beryll 225
Phenakit 229
Euklas 230
Chrysoberyll und Alexandrit 231
Helvin 233
Topas 234
Granat 237
Turmalin 242
Vesuvian 249
Epidot oder Pistazit 251
Cyanit 254
Andalusit 254
Staurolith 256
Axinit 256
Lasurstein 257
Türkis 259
Variscit 261
Die Mineralien der Quarzgruppe . . . 261
Bergkristall 267. Rauchtopas 268. Gelber und brauner durchsichtiger Quarz 268. Amethyst 270. Gemeiner Quarz 272. Tridymit 277. Ungestreifter Chalcedon 278. Gestreifter Chalcedon 280. Opal 284.

Gesteinsbildende Silikate und verwandte Mineralien.

Allgemeines 288
Feldspat 293
Kalifeldspat 294. Natronfeldspat 299. Kalkfeldspat 300. Kalknatronfeldspate 301.
Feldspatähnliche Mineralien 303
Leuzit 303. Nephelin 304. Skapolith 305. Sodalithgruppe 306.

Seite

Zeolithe 307
Apophyllit 308. Chabasit 309. Analcim 310. Stilbit 310. Desmin, Phillipsit, Harmotom 311. Prehnit 314. Datolith 315.
Kaolin und Ton 316
Pyroxengruppe 318
Enstatit, Bronzit und Hypersthen 318. Diopsid 319. Augit 321. Diallag 322. Spodumen 323. Akmit 323. Wollastonit 324.
Amphibolgruppe 325
Tremolit und Strahlstein 326. Asbest 326. Hornblende 327. Krokydolith 329.
Nephrit und Jadeit 330
Glimmergruppe 335
Kaliglimmer oder Muscovit 337. Natronglimmer 339. Lithionglimmer 339. Magnesiaglimmer oder Biotit 340.
Chloritgruppe 342
Pennin 342. Klinochlor 343.
Olivin 344
Serpentin 346
Meerschaum 348
Gruppe des Talks 349
Talk 349. Speckstein 349. Agalmatolith 350.
Cordierit oder Dichroit 351
Lièvrit 352

Mineralsalze.

Allgemeines 353
Steinsalz 354
Sylvin und die Abraumsalze 365
Sylvin 367. Carnallit 369. Kainit 370. Kieserit 371. Polyhalit 371. Bischofit 372. Natriumsalze 372. Borazit 373. (Borax 375. Boronatrocalcit 376. Sassolin 376.)
Salpeter 377
Natronsalpeter 377. Kalisalpeter 379.
Flussspat 380
Kryolith 383
Die Mineralien der Kalkspat- und Aragonitgruppe 384
Die Mineralien der Kalkspatgruppe . . 386
Kalkspat 386. Magnesit 395. Dolomit 396.
Die Mineralien der Aragonitgruppe . . 398
Aragonit 398. Witherit 401. Strontianit 402.
Die Mineralien der Schwerspatgruppe . . 403
Schwerspat 403. Cölestin 407.
Gips und Anhydrit 408
Gips 409. Anhydrit 413.
Apatit 414
Monazit 418
Wasserhaltige Phosphate 420
Struvit 420. Vivianit 421. Wavellit 422. Lazulith 422.
Organische Verbindungen 423
Honigstein 423. Bernstein 423. Ozokerit 427.

Anhang.

Anleitung zum Sammeln von Mineralien 429

Verzeichnis der Tafeln.

I. Allgemeiner Teil.

Titeltafel Rauchtopas. Grosse Stufe.
1. Einfache Kristallformen und Kombinationen.
2. Wachstumsformen.
2a. Wachstumsformen von Quarz. (Lichtdruck.)
3. Pseudomorphosen.
3a. Doppelbrechung in Kalkspat. (Kunstdrucktafel.)
4. Interferenzerscheinungen der Kristalle. (Lichtdruck, Doppeltafel.)

II. Die Erze und ihre Abkömmlinge nebst Schwefel und Meteoriten.

5. Gold und Platin.
6. Gediegen Silber.
7. Gold, Silber, Kupfer. (Lichtdruck.)
8. Golderze und Silbererze I. Schrifterz, Blättererz. Silberglanz. Antimonsilber.
9. Silbererze II. Rotgültigerze, Melanglanz, Argyrodit.
10. Gediegen Kupfer.
11. Kupfererze I. Kupferglanz, Kupferindig. Kupferkies, Buntkupfererz.
12. Kupfererze II. Fahlerz, Bournonit.
13. Kupfererze III. Rotkupfererz, Malachit.
14. Kupfererze IV. Kupferlasur, Dioptas, Atacamit, Euchroit, Kupfervitriol.
15. Quecksilbererze. Gediegen Quecksilber, Amalgam, Zinnober.
16. Bleierze I. Bleiglanz, Bleiantimonglanz.
17. Bleierze II. Weissbleierz, Phosgenit, Anglesit, Rotbleierz.
18. Bleierze III. Pyromorphit, Mimetesit, Gelbbleierz.
19. Verschiedene Mineralien. (Lichtdruck.)
20. Zinkerze I. Zinkblende, Wurtzit.
21. Zinkerze II. Rotzinkerz, Franklinit, Zinkspinell, Zinkspat, Willemit, Kieselzinkerz, Zinkblüte.
22. Antimonerze I. Gediegen Antimon, Sénarmontit, Antimonglanz, Rotspiessglanz.
23. Antimonerze II. Antimonglanz, grosse Stufe.
24. Wismut- und Arsenerze. Gediegen Wismut, Wismutglanz. Gediegen Arsen, Auripigment, Realgar.
25. Schwefel.
26. Schwefelkies.
27. Markasitgruppe und Magnetkies. Markasit, Arsenkies, Arseneisen. Magnetkies.
28. Eisenerze I. Eisenglanz und Roteisenstein.
28a. Magneteisen, als natürlicher Magnet.
29. Eisenerze II. Magneteisen und Eisenspat.
29a. Magneteisen. (Lichtdruck.)
30. Eisenerze III. Goethit und Brauneisenstein.
31. Meteoriten.
32. Meteoreisen. (Lichtdruck.)
32a. Meteoriten. (Kunstdrucktafel.)
33. Manganerze I. Pyrolusit, Psilomelan, Wad.
34. Manganerze II. Manganspat, Hausmannit, Manganit.
35. Manganerze III. Nickelerze und Hauerit, Manganblende, Rhodonit. Kupfernickel, Nickelkies, Gersdorffit, Chloanthit, Garnierit.
36. Kobalterze. Kobaltglanz, Kobaltarsenkies, Speiskobalt, Kobaltblüte.
37. Wolfram-Molybdän-Uran-Verbindungen. Scheelit. Wolframit. Uranpecherz, Uranglimmer. Molybdänglanz.
38. Zinnerz. Zinnstein.
39. Titanverbindungen I. Rutil, Anatas, Brookit.
40. Titanverbindungen II. Perowskit, Titanit, Titaneisen.

Digitized by Google

III. Die Edelsteine und ihre Verwandten.

40a. Antike Gemmen. (Kunstdrucktafel.)
41. Diamant und Graphit.
42. Korund. Rubin, Saphir.
43. Spinell und Zirkon.
44. Beryll. Smaragd. Aquamarin. Goldberyll.
45. Berylliummineralien. Gemeiner Beryll, Chrysoberyll, Phenakit. Euklas, Helvin.
46. Topas.
47. Granat.
48. Turmalin.
49. Vesuvian.
50. Epidot.
51. Cyanit, Staurolith, Andalusit, Axinit.
52. Quarz I. Gemeiner Quarz, Eisenkiesel, Katzenauge, Tigerauge, Heliotrop, Chrysopras.
53. Quarz II. Zwillinge von Quarz. (Lichtdruck.)
54. Quarz III. Bergkristall, Rauchtopas, Tridymit.
55. Quarz IV. Bergkristall mit Ätzfiguren, Haarstein, Baumstein, Onyx. (Lichtdruck.)
56. Quarz V. Amethyst, Citrin.
57. Achat.
58. Opal und Calcedon.
58a. Gemma Augustea. (Lichtdruck.)

IV. Gesteinsbildende Mineralien und Verwandte.

59. Gesteinsbildende Mineralien I. Mikrophotographien: Magneteisen in Basalt; Wachstumsformen in Pechstein; Glaseinschluss in Quarz; Korrodierter Quarz; Schlackeneinschlüsse in Feldspat; Apatit. (Lichtdruck.)
60. Feldspat I. Gemeiner Feldspat.
61. Feldspat II. Adular, Sanidin, Amazonenstein, Albit, Labrador.
61a. Gesteinsbildende Mineralien II. Mikrophotographien: Labradorit, Mikroklin, Leuzit, Nephelin, Nosean. (Lichtdruck.)
62. Feldspatähnliche Mineralien. Leuzit, Nephelin, Sodalith, Nosean, Hauyn, Lasurstein, Skapolith.
63. Zeolithe I. Apophyllit, Heulandit, Analcim, Chabasit.
64. Zeolithe II. Desmin, Harmotom, Phillipsit, Natrolith, Thomsonit, Prehnit, Datolith.
65. Pyroxengruppe. Enstatit, Hypersthen, Diopsid, Augit, Spodumen.
66. Amphibolgruppe. Strahlstein, Hornblende, Krokydolith, Asbest, Nephrit.
67. Gesteinsbildende Mineralien III. Mikrophotographien: Augit, Hornblende, Magnesiaglimmer, Olivin frisch, Olivin in Serpentin umgewandelt. (Lichtdruck.)
68. Glimmer-Chloritgruppe. Muscovit, Biotit, Lithionglimmer, Pennin, Klinochlor, Leuchtenbergit.
69. Olivin, Serpentin, Talk, Cordierit, Lièvrit.

V. Die übrigen Salze und Bernstein.

70. Steinsalz, Sylvin, Kryolith, Borazit.
71. Flussspat.
72. Kalkspat I.
73. Kalkspat II.
74. Aragonit.
75. Aragonit, Witherit, Strontianit, Dolomit.
76. Schwerspat.
77. Schwerspat. (Lichtdruck.)
78. Cölestin, Anhydrit, Thenardit.
79. Gips.
80. Gips. (Lichtdruck.)
81. Apatit.
82. Phosphate (Monazit, Struvit, Vivianit, Lazulith, Türkis, Wavellit), Honigstein, Bernstein.

Digitized by Google

Vorwort.

Dies Buch ist für die Freunde der Mineralogie geschrieben und dazu bestimmt, ihr Freunde zu gewinnen. Ein Lehrbuch ist es nicht, aber es wird auch mancher etwas daraus lernen können. Auf 73 Tafeln in Farbendruck werden die wichtigsten Mineralien in natürlicher Form, Farbe und Grösse abgebildet, dazu kommen 14 Lichtdrucktafeln, 4 Kunstdrucktafeln und viele Abbildungen im Text.

Nicht jedes Mineral und jede Stufe ist zur Abbildung geeignet, es mussten solche Stücke gewählt werden, die ohne störendes Beiwerk das Mineral möglichst gut hervortreten lassen. Eine Sammlung wie die der Universität Giessen reicht hierzu nicht aus; ich habe das Werk nur durch die weitgehende Unterstützung meiner Kollegen und Freunde zustande bringen können. Die hier abgebildeten Mineralien gehören den Museen der Universitäten Bonn, Göttingen, Marburg, dem Königl. Naturalien-Kabinett in Stuttgart und dem Grossherzogl. Naturalien-Kabinett in Karlsruhe, dem Senckenbergschen Museum in Frankfurt, dem Naturhistorischen Museum in Hamburg und der Bergakademie Clausthal. Den Vorständen dieser Sammlungen, den Herren Geheimrat Professor Dr. H. Laspeyres, Geheimrat Prof. Dr. Th. Liebisch, Geheimrat Professor Dr. M. Bauer, Professor Dr. E. Fraas und Dr. Schütze, Dr. Schwarzmann, Professor Dr. Schauf, Professor Dr. Gottsche und Professor Dr. Bergeat bin ich für die leihweise Ueberlassung der kostbaren Mineralien zu grossem Dank verpflichtet, ebenso Herrn Gustav Seligmann in Coblenz, der mir die Schätze seiner Sammlung zur Verfügung gestellt hat. Einzelne Mineralien und Vorlagen verdanke ich den Herren Professor Dr. Berwerth in Wien, Professor Dr. Goldschmidt in Heidelberg, Professor Dr. Kalkowsky in Dresden, Professor Dr. Nies in Mainz, Professor Dr. A. Sauer in Stuttgart, Hermann Stern in Oberstein und Gebrüder Görlitz in Idar. Die Photographien für die meisten Lichtdrucktafeln und für viele Abbildungen im Text hat Herr Dr. Heineck aufgenommen, die Lichtdrucktafel mit den Interferenzbildern hat Herr Dr. Hans Hauswaldt in Magdeburg geliefert. Ihnen allen sage ich auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank. Grossen Dank schulde ich auch dem Verleger, der keine Kosten, und der Kunstanstalt von Wahler & Schwarz, deren Inhaber keine Mühe gescheut haben, um das Vollkommenste zu schaffen. Dass die Arbeiten im Laufe der drei Jahre, die zur Herstellung der Tafeln erforderlich waren, stetig besser geworden sind, zeigt ein Vergleich der beiden, der ersten Lieferung beigegebenen Tafeln 46 und 48, die zuerst fertig gestellt waren, mit der Rauchtopas-Tafel, die unter den letzten sich befunden hat. Die Kristallzeichnungen sind den bekannten Werken von Dana, Groth, Kokscharow, Naumann-Zirkel, Tschermak und andern entnommen; Literatur habe ich im einzelnen nicht angegeben, nur wenige Hauptwerke genannt.

Bei der Beschreibung habe ich mich bemüht, mich immer so klar und verständlich auszudrücken, wie der Stoff es erlaubt; ich hoffe doch, dass jeder das meiste ohne weiteres verstehen kann.

Vorwort.

Der Beschreibung der Mineralien geht ein allgemeiner Teil voraus, in dem das wichtigste über die Form, die physikalischen Eigenschaften und die chemische Zusammensetzung der Mineralien gesagt wird, nicht mehr als zum Verständnis des folgenden notwendig ist. Bei der Behandlung und Anordnung der Mineralien im speziellen Teil wurde auf ihre Verwendung besonders Rücksicht genommen, sie sind daher nicht nach einem der Systeme geordnet, die in den Lehrbüchern der Mineralogie angenommen sind, sondern nach ihrer Verwendung und der Rolle, die sie im Haushalt der Natur spielen. So umfasst der erste Abschnitt die Erze und ihre Abkömmlinge mit 32 farbigen Tafeln und 3 Lichtdrucktafeln; an die eigentlichen Erze sind hier die Mineralien angeschlossen, die aus ihnen durch Verwitterung hervorgehen an Bleiglanz Weissbleierz, Pyromorphit und andere Bleisalze, an die Kupfererze Malachit und Kupferlasur. Bei jedem Metall ist die Produktion aus einem der letzten Jahre, soweit sie ermittelt werden konnte, angegeben. Als Anhang zu den Eisenerzen werden die Meteoriten behandelt und auf einer kolorierten Tafel, einer Lichtdrucktafel und einer Kunstdrucktafel abgebildet.

Der zweite Teil handelt über die Edelsteine und ihre Verwandten und enthält 16 Tafeln in Farbendruck, 3 Lichtdrucktafeln und 1 Kunstdrucktafel. An Diamant ist hier Graphit angeschlossen, auf Korund folgen die Mineralien, aus denen Aluminium dargestellt wird. Manches von dem, was hier mitgeteilt ist, verdanke ich Herrn Hofjuwelier Koch und Herrn Tornow in Frankfurt a. M., Herrn Görlitz und Herrn Hermann Wild in Idar.

Im dritten Teil sind die meist unscheinbaren gesteinsbildenden Mineralien vereinigt, soweit sie nicht schon vorher (Quarz) ihren Platz gefunden haben. Hier wird auch das Mikroskop mit herangezogen und auf 3 Lichtdrucktafeln werden Mineraldurchschnitte aus Gesteinen abgebildet, während die Mineralien selbst auf 9 kolorierten Tafeln abgebildet sind.

Im letzten Abschnitt lernen wir auf 11 Tafeln in Farbendruck und 2 Lichtdrucktafeln die Mineralien kennen, die wir im täglichen Leben benutzen, wie das Salz, oder die wichtige Nährstoffe für die Pflanzen enthalten, wie Apatit, oder solche, aus denen der Chemiker im grossen die Stoffe darstellt, die für die Industrie oder das Leben unentbehrlich geworden sind. Am Schluss findet Bernstein einen Platz, der, streng genommen, kein Mineral ist, aber doch nach altem Brauch zu den Mineralien gerechnet wird.

Bei der Verteilung der Mineralien auf die Tafeln musste ich auf den Raum Rücksicht nehmen, und wenn das eine oder andere nicht da steht, wo man es vielleicht erwarten könnte, so hat dies hierin seinen Grund. Während die Tafeln zusammengestellt wurden, stellte es sich als wünschenswert heraus, mehr zu geben als geplant war. Da der Rahmen durch bereits ausgedruckte Tafeln festgelegt war, mussten die überzähligen (als **2a**, **29a** u. s. w.) eingeschoben werden.

Mit Zagen bin ich an das Werk gegangen, durch allseitige Unterstützung ist es, wie ich hoffe, gelungen. So möge das Buch in die Welt gehen, den Freunden der Mineralien zur Freude, den Kennern zum Genuss, den Lernenden zur Anregung, den Lehrern zur Vertiefung, den Männern der Praxis zum Nutzen, unserer Wissenschaft aber zur Förderung und Verbreitung in immer weitere Kreise.

Giessen, den 15. September 1903.

Reinhard Brauns.

Einleitung.

Das Mineralreich.

Das Mineralreich ist das Reich der starren und leblosen Steine, die unsere Erdkruste aufbauen und in ihr sich finden. Leblos sind die Steine, aber sie spenden die Nahrung für alles Leben auf der Erde, das die Kraft der Sonne erweckt und erhält. Grund genug, dass wir nicht ganz achtlos an ihnen vorübergehen. Viele erfreuen uns unmittelbar durch ihre prächtigen Farben und den lebhaften Glanz, wir schätzen an ihnen ihre hohe Härte, die sie vor Zerstörung bewahrt. Wie die Pflanzen den vergänglichen, liefern die Edelsteine den unvergänglichen Schmuck für die Schönen aller Völker und Zeiten. So täuschend sie auch nachgeahmt werden, keine Farbe übertrifft die liebliche Frische der Edelsteine, niemals kann ein Glasfluss ihre Härte erreichen, strahlend »herrlich wie am ersten Tag« erheben sie sich über die gleissenden, vergänglichen Fälschungen und werden ihren Besitzer noch lange erfreuen, wenn diese schon längst trübe und matt geworden, den Weg allen Glases gegangen sind.

Die Edelsteine dienen nur zum Schmuck, die Lebensformen der Menschen, wie sie sich in Jahrtausenden entwickelt haben, werden von ihnen nicht beeinflusst. Wer aber könnte sich die heutige Gesellschaft vorstellen, ohne Gold und Silber, Kupfer und Eisen? Und wieder sind es die Steine, die alle diese Stoffe enthalten; freilich nicht immer zeigen die Metalle schon in den Steinen ihre bekannten Eigenschaften, in ein fremdes Gewand sind viele gekleidet, weil sie nur so in der Erdkruste bestehen können und es gilt, sie auch in diesem Gewand kennen zu lernen. Es sind die Erze, die der Bergmann in mühsamem Ringen dem Schosse der Erde abgewinnt; ihm danken wir es, dass wir das Material haben für Werkzeug und Maschinen, Eisenbahn und Telegraph, dass wir Gold als Wertmesser haben für die irdischen Güter. Mit mehr Recht als jemals zuvor kann heute der Bergmann von sich sagen:

Der ist der Herr der Erde
Der ihre Tiefen misst
Und jeglicher Beschwerde
In ihrem Schoss vergisst.

Der ihrer Felsenglieder
Geheimen Bau versteht
Und unverdrossen nieder
Zu ihrer Werkstatt geht.

Neben den Edelsteinen und Erzen spielen auch die unscheinbaren Steine eine Rolle, die einen sind Teile unserer Bausteine, andere liefern den bindenden Mörtel; Glas und Porzellan, Schwefelsäure und Soda wird aus Steinen hergestellt, sie bilden das Roh-

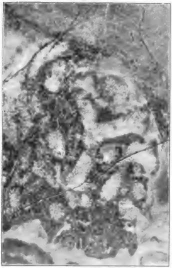
Digitized by Google

material, aus dem unsere blühende chemische Industrie ihre wertvollen Produkte darstellt; zu jeder Stunde benutzen wir Dinge, deren Stoff aus dem Mineralreich stammt. Zu einem Besuch in diesem Reiche wollen wir uns rüsten.

Die Grenzen des Mineralreichs.

Das Mineralreich ist ein Weltreich im wahren Sinn des Worts, die ganze Erde umfasst es, und die Boten, die als Meteorsteine aus dem Weltenraum zu uns gekommen sind, verkünden, dass sein Reich sich auch auf deren Heimat erstreckt; wir glauben annehmen zu dürfen, dass die Stoffe aller erstarrten Gestirne zum Mineralreich gehören und wo

Fig. 1



Korallenkalk von Bieber bei Giessen.

Fig. 2.

Kalkspat in zerfressenem Korallenkalk. Bieber bei Giessen.

wäre da seine Grenze? Von diesem ungeheuren Reich haben sich, ähnlich wie bei den von Menschen errichteten »Weltreichen«, einzelne Teile mehr oder weniger selbständig gemacht und stehen zum ganzen Mineralreich nur noch in lockerem Zusammenhang, wie Kolonien zu ihrem Mutterland. So hat sich von dem Mineralreich abgezweigt das Reich der Versteinerungen, das alle im Schosse der Erde seit derem Beginn begrabenen und noch erhaltenen Reste von Tieren und Pflanzen umfasst. Oft zeigt nur noch ihre Gestalt ihre Abstammung an, ihr Stoff ist Stein und im festen Fels sind sie gebettet. Wie alles, was lebt, von

Digitized by Google

dem Mineralreich ausgeschlossen ist, so wird auch alles, was lebend war, von ihm getrennt, solange diese Reste noch irgend welche Spuren von dem ehemals lebenden Wesen zeigen. Erst wenn der durch Leben aus der Erde aufgenommene und im Leben geformte Stoff in der Erde wieder umgeformt ist, scheidet er aus dem Reiche der Versteinerungen wieder aus. Der in die Kolonie Ausgewanderte kehrt in das Mutterland zurück. Betrachten wir z. B. einen Kalkstein, Figur 1, der geschliffen und poliert als Tischplatte so häufig verwendet wird, so sehen wir mancherlei Zeichnung, in der wir bei näherem Zusehen deutliche Durchschnitte von Korallen erkennen. Wir verweisen diese und damit den ganzen Stein, der fast vollständig aus Korallenresten besteht, in das Reich der Versteinerungen. Ein solcher Kalkstein kann aber in der Erde durch Vorgänge, die sich da abspielen, solche Aenderungen erfahren, dass aus ihm scharfkantige und ebenflächige Gestalten, die wir Kalkspatkristalle nennen, hervorgehen, Figur 2, an denen keine Spur von Korallen- oder anderen Tierresten mehr nachzuweisen ist; er ist damit aus dem Reiche der Versteinerungen ausgeschieden und in das Mineralreich wieder eingetreten, aus dem ursprünglich sein Kalkgehalt stammte. Das in Figur 2 abgebildete Stück ist in demselben Steinbruch gefunden, wie das erste, aber der Korallenkalk ist zerfressen, er ist von den Lösungen, die in der Erde über ihn hingerieselt sind, zum Teil aufgelöst und aus der Lösung haben sich auf Spalten die neuen klaren Formen abgeschieden, ihre Substanz ist die des Korallenkalks, ihre Form aber nicht mehr die von Korallen.

Die Versteinerungen trennen wir von dem Mineralreich ab und verweisen sie in das Reich, das die Paläontologie wissenschaftlich zu durchforschen bestrebt ist; sie bilden mit allem was lebt und gelebt hat, die organische Welt, deren einfachstes Glied wir in der lebenden Zelle, deren höchstes in dem Menschen erblicken.

Gestein und Mineral.

Der organischen Welt steht die anorganische gegenüber, die ohne Leben ist und war, deren Glieder weder Organe zum Leben, noch Zellen als die Form des Lebens besitzen; sie umfasst die eigentlichen Steine, aus welchen das Gewölbe unserer Erde in gewaltigen Massen zusammengefügt ist, und die Mineralien, welche die Gesteine bilden oder sonstwo in der Erde sich finden: das Reich der Gesteine und der Mineralien. Wo aber liegt zwischen diesen die Grenze? Was ist ein Mineral und was ein Gestein, welche Glieder der anorganischen Welt gehören zu dem Mineralreich im engeren Sinne?

Die Antwort ist nicht immer in demselben Sinne gegeben worden, die Grenze ist erst mit dem Fortschritt unserer Erkenntnis schärfer gezogen. Wir können sagen, die Mineralien sind die Einzelwesen in dem Mineralreich, die Gesteine Vereinigungen von Mineralien zu einer geschlossenen Gesellschaft. Der Gegensatz ist kein so schroffer wie der zwischen Mineral und Versteinerung; beide, Mineral und Gestein gehören zur anorganischen Welt und ein Gestein besteht aus einzelnen Mineralien.

Ein bekanntes Gestein ist der Granit; leicht sehen wir, dass er aus verschiedenartigen Stückchen besteht, dunklen, glänzenden Blättchen, rötlichen, matten, und grauen, wie Glas glänzenden Körnern. Jede einzelne Art ist ein Mineral, die dunklen Blättchen heissen Glimmer, die rötlichen Körner Feldspat, die grauen Quarz, und die Gesellschaft dieser Mineralien bildet das Gestein Granit.

Oft lässt sich aber einem solchen Stein nicht ansehen, ob er ein Einzelwesen oder eine Gemenge von solchen, ein Mineral oder ein Gestein ist. Da hilft die mikroskopische oder die chemische Untersuchung; ein Mineral erweist sich bei der Prüfung

mit dem Mikroskop als gleichartig in allen seinen Teilen, als homogen, ein Gestein als ungleichartig, aus verschiedenen Mineralien zusammengesetzt. Entscheidend in allen Fällen ist die chemische Untersuchung; die Mineralien enthalten entweder nur einen Stoff, ein Element, oder mehrere solcher, dann aber diese immer in einem durch einfache, ganze Zahlen ausdrückbaren Verhältnis miteinander vereinigt, als chemische Verbindung; die Gesteine enthalten immer mehrere Elemente und diese sind nicht in einem solch einfachen Verhältnis miteinander verbunden, die Gesteine sind keine chemischen Verbindungen, sondern Gemenge von solchen.

Unsere vorher aufgeworfene Frage, was ist ein Mineral und was ein Gestein können wir nun dahin beantworten:

Mineralien sind die in der Erde sich findenden Elemente und anorganischen chemischen Verbindungen, Gesteine sind Gemenge von Mineralien.

Verbindungen, die der Chemiker in seinem Laboratorium darstellt, sind demnach keine Mineralien, auch wenn sie sonst deren Eigenschaften besitzen, weil sie sich nicht in der Erde gebildet haben. Mineralien sind immer Naturprodukte.

Ein Mineral ist das in der Erde vorkommende Kupfer, es ist ein Element für sich; kein Mineral aber ist das aus seinen Erzen ausgeschmolzene Kupfer, weil es durch Zutun der Menschen gewonnen ist. Ein Mineral ist Schwefelkies, er enthält die beiden Elemente Eisen und Schwefel in dem einfachen Verhältnis 1:2, kein Mineral aber ist Obsidian, obwohl er oft in sich gleichartig ist, denn er ist keine chemische Verbindung, sondern ein Gemenge; kein Mineral ist chlorsaures Natrium, obwohl es eine chemische Verbindung ist, denn es findet sich nicht in der Erde. Keine Mineralien sind Perlen und Korallen, weil sie von lebenden Tieren erzeugt und Produkte der organischen Welt sind, kein Mineral ist Bernstein, weil er von Pflanzen abstammt; aber die Pflanzen sind ausgestorben und Bernstein findet sich frei in der Erde, darum wird er oft für ein Mineral angesehen und nach altem Brauch den Mineralien angereiht und auch wir wollen ihm am Schluss einen kleinen Platz gönnen.

Eine besondere Wissenschaft, die Mineralogie, hat sich die Erforschung der Mineralien zur Aufgabe gestellt. Ohne Rücksicht darauf, ob ein Mineral irgendwie verwertet werden kann, will sie alle seine Eigenschaften ermitteln, sein Vorkommen in der Erde, sein Werden und Vergehen verfolgen.

In diesem Werk wollen wir nicht alle Mineralien vorführen, manche sind selten und haben nur wissenschaftliches Interesse, andere kommen nur in so kleinen Formen vor, dass man sie im Bild nicht wiedergeben kann, und andere sind so unscheinbar, dass sie im Bild nichts bieten. Die wichtigen von diesen werden wir nennen, die unwichtigen übergehen. Zunächst wollen wir uns mit den Eigenschaften und Eigenheiten der Mineralien im allgemeinen vertraut machen, und wie man bei der Heimatskunde mit dem nächstliegenden beginnt und allmählich in weitere Kreise dringt, so wollen auch wir mit dem beginnen, was sich zuerst dem Auge bietet, der äusseren Form, und ich will versuchen, den Leser so zu führen, dass er mit dem Wesen der Form vertraut wird, dabei aber von Zahlen und Formeln nicht mehr sieht, als notwendig zu sein scheint.

Jedes Mineral hat seine besonderen Eigenschaften, an denen es immer wieder erkannt und von anderen Mineralien unterschieden werden kann. An den Mineralien, die wir als Bestandteile des Granits genannt haben, können wir uns schon hiervon überzeugen. Von den dunklen Glimmerplättchen lassen sich mit einem Messer dünne Blättchen abheben, diese lassen sich weiter spalten, die Trennungsfläche ist glatt und zeigt starken Glanz, wird aber durch das Messer leicht geritzt und verletzt. Die rötlichen Feldspatkörner sind im Gestein ebenfalls oft glatt durchgebrochen, es kostet aber schon einige Mühe, ein Stückchen parallel zu dieser Bruchfläche abzusprengen und so dünn wie ein Glimmer-

Digitized by Google

plättchen wird es nicht, vom Messer wird es dabei kaum geritzt. Von dem grauen Quarz bekomme ich im besten Fall nur kleine Splitter, die wie Glassplitter aussehen, scharf und kantig ohne ebene Bruchflächen sind; von dem Messer werden sie dabei gar nicht geritzt, eher bricht das Messer ab oder wird stumpf. So besitzen diese drei Mineralien verschiedene Teilbarkeit und verschiedene Härte; prägen wir dazu uns ihr Aussehen recht genau ein, so werden wir sie nach ihren Eigenschaften immer wieder erkennen. Noch besser gelingt uns dies, wenn die Mineralien nicht im Gestein miteinander gemengt sind, sondern jedes einzelne sich frei ausbilden konnte und als Kristall uns vor Augen tritt.

Die Form der Mineralien.

Kristalle.

In einem Steinbruch, in dem Granit gebrochen wird, sehen wir manchmal kleine Höhlungen und klaffende Spalten, deren Wände mit festgewachsenen Mineralien bekleidet sind. Wir erkennen in ihnen wieder den glatt durchbrechenden matten und trüben Feldspat (Fig. 1 auf Tafel 1 oben), den harten glasglänzenden Quarz (unten), vielleicht auch den glänzenden Glimmer, aber neu ist uns ihre Gestalt. Die Mineralien, die wir im Granit nur in Körnern kennen gelernt haben, treffen wir hier in ebenflächigen, kantigen und spitzen Formen, wie wir sie wohl ähnlich schon von Menschenhand geschnitten und geschliffen gesehen haben, die hier aber im Fels entstanden sein müssen, denn sie sind erst bei einem neuen Anbruch blossgelegt, kein Menschenauge hatte sie bis dahin gesehen, keine Menschenhand berührt.

Ihre Form ist verschieden und wir können beide Mineralien, oder, wenn auch der Glimmer dabei ist, alle drei genannten danach bald ebenso unterscheiden, wie vorher nach ihren anderen Eigenschaften. Der Glimmer bildet dünne, sechsseitige Tafeln, die nach der Tafelfläche die uns schon bekannte leichte Trennbarkeit besitzen; der Feldspat hat dickere Form mit mehreren breiten matten Flächen, der Quarz gedrungene Säulen mit glänzenden Flächen, wir zählen sechs gestreifte Flächen an der Säule und sechs glatte an der Spitze (siehe Tafel 1, Figur 1).

Wer hat diese Form geschaffen und für jedes Mineral eine andere gebildet? Wenn wir nicht an Berggeister und Kobolde glauben, können wir nur antworten, das Mineral selbst hat sich die Form gebaut, wie die Schnecke ihr Haus. Sein lebloser Stoff besitzt die Fähigkeit, eine von ebenen Flächen begrenzte Form anzunehmen. In welchen Eigenschaften diese Fähigkeit begründet ist, wissen wir nicht. Da wir zur Zerstörung der Form eine gewisse Kraft anwenden müssen, nehmen wir an, dass auch zu ihrem Aufbau und zu ihrer Erhaltung Kraft gehört hat, und sagen wohl, dass ein Mineralstoff durch die ihm innewohnenden Kräfte seine Form sich schaffe. Eine solche von ebenen Flächen begrenzte und von dem Mineral gebaute Form nennen wir Kristall. Das Wort stammt aus dem Griechischen und bedeutet ursprünglich Eis; dann wurde der wie Eis durchsichtige Quarz, der in Granithöhlungen der eisstarrenden Berge in den Alpen sich findet, Kristall genannt, weil er für Eis gehalten wurde, das durch lange und starke Kälte so hart geworden war, dass es nun nicht mehr schmelzen kann; in diesem Glauben wurde man nur noch bestärkt durch Einschlüsse mitten im Kristall, die wie Gras aussehen, Figur 9 auf Tafel 54. Der Name Kristall ist dann später auf die natürliche regelmässige Form der Mineralien überhaupt übertragen worden.

Digitized by Google

Zu Hause können wir uns leicht davon überzeugen, dass die Fähigkeit, Kristalle zu bilden, auch andere Körper als nur Mineralien besitzen. Wenn man 12 g Kalialaun, den man in jeder Apotheke bekommt, in 100 g warmen Wassers auflöst und dann eine Nacht über ruhig stehen lässt, findet man in der Lösung statt des Pulvers, das hineingebracht war, viele von ebenen, glänzenden Flächen begrenzte Alaunstücke, Formen, die der Alaun gebildet hat und die demnach gleichfalls Kristalle sind. Mit einem Mineral haben sie gemeinsam, dass jeder in sich vollkommen gleichartig ist, sie unterscheiden sich von ihm dadurch, dass sie mit unserm Zutun entstanden sind, indem der Chemiker ihre Substanz dargestellt, wir die Substanz durch Erwärmen in Wasser gelöst und durch Abkühlen wieder haben fest werden lassen, während die Mineralien ohne unser Zutun in der Erde sich bilden und zu Kristallen sich formen. Die Kristalle der Mineralien nennen wir daher auch die natürlichen Kristalle, im Gegensatz zu den künstlichen, zu deren Entstehung menschliche Tätigkeit in irgend einer Weise mitgeholfen hat, nicht indem sie die Form gebildet hat — dies vollbringt immer die Substanz — sondern indem sie die Möglichkeit zur Bildung dieser Form gegeben hat. **Wir nennen somit Kristall einen von ebenen Flächen umschlossenen Körper, dessen Form von seiner eigenen Substanz geschaffen ist.**

Bei der Entstehung der Alaunkristalle haben wir sehen können, dass die in der Lösung liegenden Kristalle zuerst klein waren und allmählich grösser geworden sind, sie sind gewachsen, indem sie den hierzu nötigen Stoff der Lösung entnommen haben. Auch alle natürlichen Kristalle sind gewachsen, zuerst waren sie klein und sind allmählich in unendlich langen Zeiträumen so gross geworden wie wir sie jetzt finden.

Einfache Kristallform und Kombination.

Noch etwas können wir an Kristallen, die uns bis jetzt begegnet sind, bemerken, dass nämlich die Flächen eines Kristalls äusserlich nicht immer einander gleich sind. So sehen wir, dass an dem Quarz die Säulenflächen gestreift (Fig. 1 auf Taf. 1), die Flächen an dem Ende aber glatt sind, dass von einem Glimmerkristall nach der einen Fläche sich Blättchen abtrennen lassen, nach der anderen nicht. Sehen wir uns weiter unter den Kristallen um, so finden wir leicht noch andere, deren Flächen verschieden sind; z. B. an Kalkspat finden wir eine sechsseitige Säule mit glatten glänzenden Flächen, an ihrem Ende aber eine matte weisse Fläche (Tafel 1, Figur 2). An einem andern Mineral, das uns als Flussspat (vergl. unten), bezeichnet wird, finden wir sechs glänzende Flächen, die, soviel wir sehen können, senkrecht aufeinander stehen, und acht matte, rauhe dreieckige Flächen (Tafel 1, Figur 3); dass die Verschiedenheit nicht zufällig, sondern im Wesen der Kristalle begründet ist, ergibt sich daraus, dass wir parallel zu den matten Flächen Blättchen absprengen können, parallel zu den glänzenden Flächen aber nicht.

Andere Kristalle wieder begegnen uns, deren Flächen alle einander gleich sind z. B. Flussspat, an dem nur die sechs glänzenden aufeinander senkrechten Flächen auftreten, Fig. 4, Tafel 1, oder ein anderer Flussspat, der von acht matten Flächen begrenzt ist, Figur 5, Tafel 1, die wir dadurch als gleich erkennen, dass wir nach jeder der acht Flächen mit gleicher Leichtigkeit ein Blättchen abspalten können und dann eine der früheren gleiche Form erhalten (Fig. 6, eine aus farblosem Flussspat hergestellte Spaltungsform), die jetzt von den 8 angespaltenen Flächen begrenzt ist.

Einen solchen Kristall, dessen Flächen alle einander gleich sind, nennt man eine **Einfache Kristallform** (Fig. 4, 5, 6), einen solchen, dessen Flächen verschieden sind, eine **Kombination** (Fig. 2, 3, 8), weil an ihm mehrere einfache Formen vereinigt, kombiniert sind.

Einfache Kristallformen bekommen besondere Namen, z. B. heisst die von den acht gleichen Flächen begrenzte Form Oktaeder, die von den sechs gleichen, senkrecht aufeinander stehenden Flächen begrenzte Form heisst Würfel; die vorher zuerst genannte Flussspatform ist eine Kombination von Würfel und Oktaeder. Die anderen Namen der einfachen Kristallformen werden wir später kennen lernen.

Die Beschaffenheit der Kristallflächen.

Aus dem eben Gesagten ergibt sich, dass es nicht ganz gleichgültig ist, ob eine Kristallfläche glänzend oder matt, gestreift oder ungestreift ist, wenn wir auch nur daraus sehen, ob eine einfache Kristallform oder eine Kombination vorliegt, manchmal können wir noch mehr daraus erkennen. Es wird oft gesagt, im idealen Zustand sollten die Kristallflächen eben und glänzend sein; die Kristalle wären dann recht charakterlose Gestalten, alle Verschiedenheit, die sie nach ihrem inneren Bau besitzen, wäre verwischt. Die Natur aber meidet die Schablone, sie bildet Charakter selbst bei den leblosen Mineralien und tatsächlich zeigen die Kristallflächen recht mannigfache Beschaffenheit, entsprechend ihrer, im Wesen der Kristalle begründeten Verschiedenheit. Es gibt wohl vollkommene, ebene und glänzende Flächen und der Kristallograph schätzt diese besonders hoch, aber oft sind sie matt, drusig oder gestreift und dieselbe Kristallform kann nach der Beschaffenheit der Flächen doch verschieden sein. Ein Würfel z. B. kann von ganz glatten Flächen begrenzt sein, wie der in Figur 4 der Tafel 1, er kann aber auch nach einer Kante wie der in Figur 1 auf Tafel 26 oder nach einer Diagonale wie der in Fig. 4 auf Tafel 20 oder nach beiden Kanten (etwa Figur 2 auf Tafel 16) oder beiden Diagonalen gestreift sein; in der Form gleich, wären diese Würfel in ihrem Wesen verschieden. Wir werden später noch sehen, inwiefern diese Streifung Bedeutung hat.

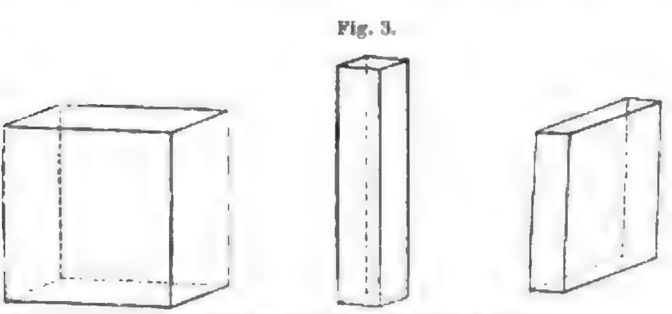
Das Wesentliche einer Kristallform.

Die Form der Mineralien haben wir bisher nur insoweit betrachtet, als sie sich ohne weiteres dem Beobachter darbietet, und dabei schon bemerkt, dass verschiedene Mineralien verschiedene Form besitzen, haben aber noch gar nicht festgestellt, was eigentlich das Wesentliche an den Kristallformen sei. Dass die Grösse der ganzen Form keine wesentliche Eigenschaft sei, haben wir bei unserem Versuch mit Alaun sehen können, grosse und kleine Kristalle haben sich dabei gebildet und die kleinen sind grösser geworden, ohne sich sonst irgendwie merkbar zu verändern. Ebenso unwesentlich ist natürlich die Grösse der einzelnen Flächen, da sie sich mit der des Kristalls ändern muss und unwesentlich ist im allgemeinen auch ihr Umriss, der von der Grösse der umliegenden Flächen abhängt, und, wenn diese alle gleich gross sind, anders ist als wenn sie verschieden gross sind. Am Alaun können wir uns auch davon überzeugen, alle seine Kristallformen sind im Wesen gleich, verschieden ist nur ihre Grösse und die Grösse und der Umriss der Flächen, je nachdem der Kristall während seines Wachsens so oder anders gelegen hat. Dasselbe sehen wir an klaren Würfeln von Steinsalz, von denen wir nach jeder der sechs aufeinander senkrechten Flächen mit gleicher Leichtigkeit Blättchen absprengen können; die Flächen ändern hierbei wohl die Form ihres Umrisses und werden lang rechteckig, Figur 3 (S. 12), wenn ich von der einen Seite mehr abspalte als von der andern, sie werden aber wieder quadratisch, wenn ich nun

von den anderen Flächen genügend absprenge, trotz des verschiedenen Umrisses sind die Flächen physikalisch gleich und schneiden sich immer unter 90°, die Gestalt als Kristallform heisst darum immer ein Würfel, weil sechs physikalisch gleiche Flächen sich unter 90° schneiden.

Von den Eigenschaften einer Kristallgestalt bleiben somit, wenn Grösse und Umriss der Form als veränderlich erkannt sind, nur noch als unveränderlich und darum wesentlich die Winkel übrig, unter denen sich die Kanten und die Flächen schneiden und diese können wir in der Tat schon durch rohe Versuche mindestens insofern als wesentlich erkennen, als wir finden, dass bei dem gleichen Mineral dieselben Winkel wiederkehren, bei verschiedenen Mineralien aber verschiedene. Wenn wir auf die gestreifte Fläche eines Quarzkristalls einen zweiten mit einer gleichen Fläche so legen, dass die Streifen der beiden parallel sind, dann können wir uns davon überzeugen, dass zu jeder Fläche an dem einen Kristall eine an dem andern parallel ist, was nur dann möglich ist, wenn die gleichliegenden Flächen beider Kristalle gleiche Winkel miteinander bilden. Wenn ich ein rhombisches Spaltungsblättchen von Gips mit einem zweiten decke, so finde ich leicht, dass die stumpfen Winkel beider einander gleich sind und wieder die spitzen, ebenso sehe ich, dass wenn ich auf ein Spaltungsstück von Kalkspat ein anderes so lege, dass eine Fläche des einen einer solchen des andern parallel ist, die beiden Stücke überhaupt parallel, ihre Winkel also gleich sind. Lege ich aber ein Spaltungsstückchen von Gips auf ein solches von Kalkspat, so kann ich den Gips drehen wie ich will, nie wird es mir gelingen, ihn so zu legen, dass zu jeder Fläche von ihm eine von Kalkspat parallel ist, weil die Winkel der beiden Mineralien verschieden sind.

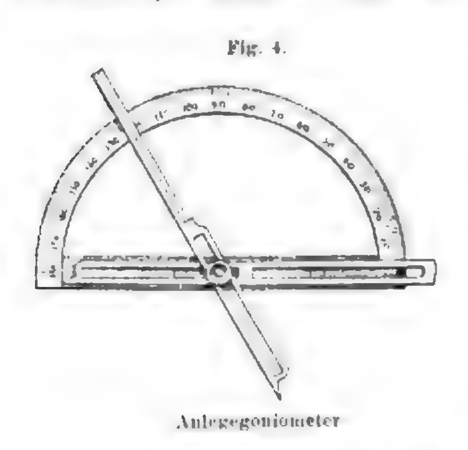
Fig. 3.



Würfelige Spaltungsstücke (von Steinsalz).

Will ich die Gleichheit oder Verschiedenheit der Kristallwinkel genauer ermitteln, so darf ich mich auf mein Augenmass allein nicht mehr verlassen, ich habe besondere Instrumente zur Messung nötig, die Goniometer genannt werden, und zwar werden meist solche benutzt, mit denen man den Winkel, den je zwei Flächen miteinander einschliessen, bestimmen kann. Bei den feinen Instrumenten macht man von den Gesetzen der Reflexion des Lichtes Gebrauch, sie heissen darum Reflexionsgoniometer, und sie können so gebaut werden, dass die Winkel guter Kristalle mit vollkommen ebenen und glänzenden Flächen bis auf wenige Sekunden genau bestimmt werden können. Man findet diese Goniometer in den Lehrbüchern der Mineralogie beschrieben, hier wollen wir nur ein ganz einfaches Goniometer, das bei der Bestimmung grösserer Kristalle schon recht gute Dienste leistet, kennen lernen, das Anlegegoniometer, so genannt, weil Teile von ihm bei der Messung der Winkel an den Kristall angelegt werden.

Fig. 4.



Anlegegoniometer

Das meist aus Metall hergestellte Anlegegoniometer, Fig. 4, besteht aus einem, in 180° geteilten Halbkreis, dessen beide Enden durch eine Schiene fest verbunden sind. In der Mitte trägt diese einen dünnen Zapfen, in die die beiden, durch eine Schraubenmutter verbundenen

Digitized by Google

Schienen hineinpassen; die eine davon wird auf die feste Schiene fest aufgelegt, die andere ist über dem Halbkreis beweglich und rechts so abgeschrägt, dass diese Kante in ihrer Verlängerung genau durch den Mittelpunkt des Kreises hindurchgeht. Will man nun einen von zwei Flächen eingeschlossenen Winkel messen, z. B. den, den die eine aufrechte Fläche des Kristalls Nr. 9 auf Tafel 1 mit der andern aufrechten Fläche bildet, so legt man die feste Schiene so auf die erste Fläche, dass sie ihr genau parallel geht, führt dann mit dem Zeigefinger der rechten Hand die bewegliche Schiene so, dass sie der andern Fläche genau parallel wird, und liest an der abgeschrägten (rechten) Seite der Schiene die Grade ab, dies ist dann der Winkel, den die beiden Flächen miteinander bilden; es sind hier 120°, das wäre der Winkel, den die beiden aufrechten Flächen des Kristalls Fig. 9 miteinander einschliessen.

Wenn so mit Hilfe eines Goniometers die Winkel von Kristallen gemessen werden, findet man immer den Satz*) bestätigt, dass bei demselben Mineral gleichliegende Flächen sich stets unter den gleichen Winkeln schneiden. Bei Quarz z. B. bilden je zwei benachbarte Flächen, welche an dem Ende der Säule auftreten, Fig. 9 auf Tafel 1, immer einen Winkel von 133° 44′. Bei Kalkspat schneiden sich zwei Spaltungsflächen immer unter dem Winkel von 105° 5′ und bei einem rhombischen Spaltungsblättchen von Gips betragen die stumpfen Winkel auf dem glatten Spaltblättchen 113° 46′. Man kann somit an den gemessenen Winkeln ein Mineral wieder erkennen und verschiedene Mineralien unterscheiden, man kann auch eine Form, deren Winkel man kennt, immer wieder bestimmen, wenn auch ihre Gestalt durch ungleiche Grösse der Flächen recht mannigfaltig ist, wenn statt der idealen Gestalt sog. Verzerrungen vorliegen.

Verzerrungen.

Die Spaltungsstücke von Steinsalz haben uns schon gezeigt, dass an einem Kristall die Flächen, welche physikalisch gleich sind, an Grösse recht verschieden sein können, sodass ein Würfel von grossen und kleinen rechteckigen Flächen begrenzt sein kann. Eine Form, an der die physikalisch gleichen Flächen gleiche Grösse besitzen, nennt man eine ideale Kristallform und in Zeichnungen und Modellen pflegt man in der Regel nur solche darzustellen, in der Natur kommen sie streng genommen kaum vor, meist sind die Kristalle durch ungleiche Grösse der physikalisch gleichen Flächen »verzerrt«, oft nur wenig, oft recht beträchtlich, immer kann man aus der Flächenbeschaffenheit oder den Winkelwerten die Form bestimmen. So ist an dem in Fig. 9 auf Tafel 1 abgebildeten Bergkristall die Säule recht regelmässig ausgebildet, charakteristisch für sie ist die zur Säulenkante senkrechte Streifung der Flächen und der Winkel von 120°, den jede Säulenfläche mit der benachbarten bildet. An dem in Fig. 1 auf Tafel 2a abgebildeten Bergkristall ist diese Säule stark verzerrt, eine Fläche mit der gegenüberliegenden ist sehr breit, die anderen sind schmal, es ist aber doch dieselbe Säule, die Streifung hat dieselbe Richtung und der Winkel ist der gleiche. Ein nahezu ideales Oktaeder ist das in Fig. 1 auf Tafel 2 oder Fig. 6 auf Tafel 1 abgebildete, seine Flächen schneiden sich in einem Winkel von 109° 28′ 16″, verzerrte Oktaeder sind die von Magneteisen in Fig. 3 und 4 auf Tafel 29, die Flächen sind sehr ungleich gross aber einander physikalisch gleich und schneiden sich unter dem gleichen Winkel wie die des idealen Oktaeders. Auf unsern Tafeln sind die Kristalle alle in ihrer natürlichen Gestalt ab-

*) Das Gesetz von der Konstanz der Neigungswinkel, im Jahre 1669 von Nicolaus Steno gefunden.

gebildet, bei einiger Übung wird man die Idealgestalt daraus erkennen und bald gewöhnt man sich wenigstens an geringe »Verzerrung« derart, dass man sie kaum mehr beachtet, und wir erblicken in der Verzerrung keinen Mangel, ziehen vielmehr die individuelle Ausbildung der Idealgestalt vor.

Die gesetzmässigen Beziehungen in der gegenseitigen Lage der Kristallflächen.

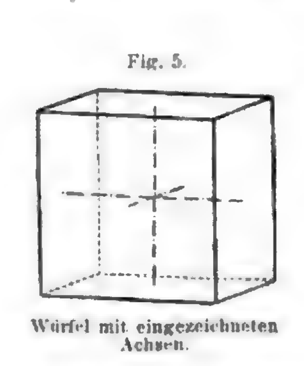
Die verschiedenen Flächen, die an den Kristallen eines Minerals auftreten, stehen in gesetzmässiger Beziehung zueinander, die wir nun etwas weiter verfolgen wollen. Von der Tatsache, dass überhaupt solche Beziehungen bestehen, können wir uns leicht überzeugen; am ersten fällt uns wohl das auf, dass die Kristallformen, welche sich zu einer Kombination vereinigen, durch den Schnitt ihrer Flächen Kanten erzeugen, die einer irgendwie ausgezeichneten Richtung am Kristall parallel gehen. So sehen wir am Quarz, Fig. 9 auf Tafel 1, dass die Kante, welche von einer gestreiften Säulenfläche und einer glatten Fläche am Ende erzeugt wird, den Streifen auf jener Säulenfläche parallel geht und zur Säulenkante senkrecht ist. An dem Flussspatkristall, den wir als Kombination von Würfel und Oktaeder kennen gelernt haben (Figur 4 auf Tafel 1), geht eine Kante zwischen diesen beiden Flächen einer Diagonale der Würfelfläche parallel. An der Kalkspatform, Figur 2 Tafel 1, ist die matte Fläche am Ende senkrecht zu den glänzenden Flächen der Säule. Ebenso findet man sehr häufig, dass die Flächen, die sich zu einer Kombination vereinigen, parallele Kanten erzeugen. Die schmale Fläche, welche an dem Quarzkristall in Figur 9, Tafel 1 oben links an der gestreiften Säulenfläche auftritt, schneidet sich mit dieser und der andern Endfläche in parallelen Kanten; an dem Quarzkristall in Figur 8, Tafel 1 ist die obere Kante der Säulenfläche der untern parallel, die aufrechten Säulenkanten sind alle einander parallel. Von solchen Flächen, die sich in parallelen Kanten schneiden, sagt man, sie liegen in einer Zone, und versteht unter einer Zone alle Flächen, welche einer Kante parallel gehen. So liegen z. B. an dem Quarzkristall in Fig. 8 die Flächen der aufrechten Säule in einer Zone, denn sie sind der aufrechten Kante parallel, ebenso liegt jedesmal eine Fläche am obern Ende mit einer Säulenfläche und einer Fläche am untern Ende in einer Zone, da sie sich in parallelen Kanten schneiden. Die Flächen, welche sich zur Kombination vereinigen, kommen hierdurch in Zusammenhang, d. h. sie liegen nicht ganz beliebig, sondern in der Weise, wie wir gesehen, gesetzmässig zueinander.

Durch den Zonenzusammenhang treten gesetzmässig Beziehungen, die zwischen den Flächen einer Kristallform bestehen, bereits bis zu einem gewissen Grade hervor, aber nicht so, dass man ohne weiteres die gegenseitige Lage der Flächen am Kristall durch Werte oder Zahlen kurz ausdrücken könnte. Hierzu ist es notwendig, dass man erst die Lage von einigen Flächen fest bestimmt; dann lässt sich die Lage der anderen Flächen zu diesen angeben. Verschiedene Wege führen da zum Ziel, wir wählen den, auf dem jeder uns folgen kann.

Wir denken uns durch das Innere eines Kristalls drei sich schneidende gerade Linien, sogenannte Achsen oder ein Achsenkreuz gelegt und wählen diese zweckmässig so, dass sie Kanten am Kristall parallel gehen, weil wir die Kanten sehen können und weil wir schon aus den Zonen erkannt haben, dass Gesetzmässigkeiten in der Lage von Kristallflächen in der Richtung ihrer Kanten zu Tage treten: wäre dieses nicht der Fall, so könnten wir drei ganz beliebige, sich schneidende Linien als Achsen wählen. Hat man so die Achsen gewählt, so sieht man zu, wie die Kristallflächen die Achsen schneiden und gibt durch das Verhältnis ihrer Abschnitte auf den Achsen ihre Lage

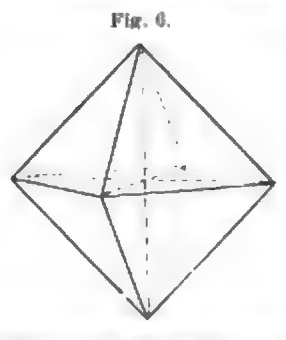
an. Bei einem Würfel von Flussspat z. B. (Fig. 4, Tafel 1) können wir die Achsen so wählen, dass sie den drei sich schneidenden Kanten des Würfels parallel gehen, Figur 5; da die Würfelflächen einander gleich sind (siehe oben S. 12) so sind es auch die Kanten, in denen sie sich schneiden, und da die Würfelflächen senkrecht aufeinander sind, sind es auch die Kanten und die Achsen, die zu den Kanten parallel sind. Wir haben somit für den Würfel drei gleiche aufeinander senkrechte Axen, die wir der Kürze wegen mit einem Buchstaben, und weil sie gleich sind, alle die mit demselben Buchstaben, etwa *a*, bezeichnen. Nun können wir sofort die Lage einer Würfelfläche zu den Achsen angeben, denn wir sehen, dass jede einzelne eine Achse (Kante) schneidet, den beiden anderen aber parallel geht, oder, wie man auch sagt, sie im Unendlichen schneidet; ihre Lage geben wir also an durch das Verhältnis ihrer Abschnitte $a : \infty a : \infty a$.

Fig. 5.



Würfel mit eingezeichneten Achsen.

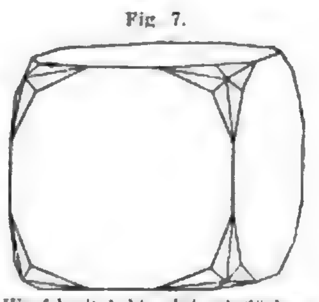
Fig. 6.



Oktaeder mit eingezeichneten Achsen.

Eine Oktaederfläche, die am Flussspat auftritt (Figur 3, Tafel 1), schneidet seine drei Würfelkanten und demnach auch die Achsen, die ja diesen parallel sind, und zwar schneidet sie die drei Kanten oder Achsen in gleichem Verhältnis, weil die Kanten, die sie mit den Würfelflächen bildet, den Diagonalen dieser Flächen parallel gehen, oder, weil die Oktaederfläche mit jeder der drei Würfelflächen den gleichen Winkel einschliesst. Die Lage einer Oktaederfläche zu den den Würfelkanten parallelen Achsen lässt sich also durch das Verhältnis ihrer Abschnitte: $a : a : a$ ausdrücken. Dies ist offenbar das einfachste Verhältnis, unter dem die Achsen von einer Fläche geschnitten werden können, die Längen *a* werden darum als die Einheitslängen angenommen und die Fläche, eine Oktaederfläche, als Einheitsfläche, die ganze Form, das Oktaeder, als Grundform bezeichnet. Die Form für sich ist in der Textfigur 6 dargestellt, die Achsen gehen von Ecke zu Ecke, jede Fläche schneidet die drei Achsen in dem gleichen Verhältnis. Alle anderen Flächen schneiden die Achsen in einem andern Verhältnis als die Flächen der Grundform. An Flussspat z. B. treten manchmal an jeder Würfelecke sechs Flächen auf, die alle schief zu den drei Würfelkanten und damit schief zu den Achsen liegen, d. h. mit anderen Worten, die alle die drei Achsen in ungleicher Länge schneiden; das Verhältnis der Abschnitte einer Fläche wäre demnach allgemein: $a : ma : na$, worin *m* und *n* zwei verschiedene und zunächst beliebige Zahlen bedeuten sollen. Wie gross *m* und *n* sind, kann ich mit blossem Auge nicht gut erkennen, ich muss diese Längen aus den Winkeln, die ich messe, nach Methoden, die uns hier weiter nicht beschäftigen, berechnen und finde, dass eine jener Flächen die Achsen in dem Verhältnis $a : 4a : 2a$ schneidet. Es ist hierbei besonders bemerkenswert, dass die Zahlen *m* und *n* einfache Zahlen sind und dasselbe findet man für alle Flächen eines Kristalls bestätigt; in dem Verhältnis ihrer Achsenabschnitte, bezogen auf die der Grundform, treten immer nur einfache, ganze Zahlen oder echte Brüche, also rationale Zahlen: 2, 3, 4, $^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$, etc. auf, niemals irrationale Zahlen, wie etwa 1,27386 ... Dieses Gesetz, bekannt als das der rationalen Achsenschnitte, ist das wichtigste an den Kristallformen und kann mit folgenden Worten ausgedrückt werden: Die Flächen an den Kristallen einer

Fig. 7.



Würfel mit Achtundvierzigflächner

Substanz liegen immer in der Weise gesetzmässig zueinander, dass das Verhältnis ihrer Achsenschnitte bezogen auf das der Grundform, durch einfache Zahlen ausgedrückt werden kann. Das Verhältnis der Abschnitte einer Fläche nennt man auch ihr Parameterverhältnis, das der Grundform das Achsenverhältnis der Kristalle; die Zahlen, die in einem Parameterverhältnis neben den Achsen auftreten, nennt man die Ableitungszahlen der betreffenden Fläche: sie sind, wie aus dem Gesagten hervorgeht, einfach und rational.

Durch diese Gesetzmässigkeit unterscheiden sich die Kristallformen von solchen Formen, denen wir durch Schleifen ihre Gestalt geben und wir erkennen in ihr wieder einen Ausfluss der Kräfte, welche die Form geschaffen haben. Wie die Elemente in einer chemischen Verbindung in einem bestimmten, durch einfache Zahlen ausdrückbaren Verhältnis miteinander vereinigt sind, treten auch die Flächen an einem Kristall so miteinander zusammen, dass alle durch einfache ganze Zahlen von einer Grundform abgeleitet werden können, grosse Einfachheit und strenge Gesetzmässigkeit herrscht auch im Reich der Kristalle.

Wenn, wie in dem gewählten Beispiel, die drei Achsen der Grundform einander gleich sind, so bekommen sie den gleichen Buchstaben und das Parameterverhältnis der Grundform ist $a:a:a = 1:1:1$. Wenn aber die drei Achsen der Grundform verschieden lang sind, so bezeichnen wir sie auch mit verschiedenen Buchstaben a, b, c und es wird das einfachste Verhältnis, unter dem sie von einer Fläche geschnitten werden, wieder $a:b:c$ sein, zahlenmässig kann dies aber, weil a, b und c verschieden sind, nur durch verschiedene Zahlen ausgedrückt werden. Diese Zahlen werden aus gemessenen Winkeln berechnet und sind irrational. Z. B. schneidet bei Aragonit die Einheitsfläche die drei Achsen in dem Verhältnis $a:b:c = 0{,}7613:1{,}223:0{,}8814$, aber für alle anderen am Aragonit auftretenden Flächen wird das Verhältnis ihrer Achsenabschnitte, bezogen auf die Achsen dieser Grundform, wieder durch einfache rationale Zahlen ausgedrückt. Wenn die Achsen sich unter 90^0 schneiden, so wird dies in der Beschreibung nicht besonders hervorgehoben, wenn sie sich aber unter schiefen Winkeln (α, β, γ) schneiden, so werden diese angegeben, sobald es sich wenigstens um eine vollständige Beschreibung des Minerals handelt.

Die Achsen werden bei kristallographischen Betrachtungen zweckmässig so gestellt, dass eine vertikal steht, eine quer von links nach rechts verläuft, die dritte auf die Beobachter zugeht; die erste heisst dann Vertikalachse, die andere Querachse, die dritte Längsachse.

Sobald von den Kristallen eines Minerals die Grundform bekannt ist, kann die Lage aller anderen Flächen durch das Verhältnis ihrer Achsenabschnitte, bezogen auf das der Grundform, angegeben werden. Diese Bezeichnungsweise ist von dem Mineralogen Christian Samuel Weiss eingeführt und hat vor anderen den Vorzug der Anschaulichkeit.

Kürzer als diese und ebenfalls anschaulich sind die von Naumann eingeführten Zeichen. Die Grundform wird mit ihrem ersten Buchstaben bezeichnet, das reguläre Oktaeder mit O, eine Pyramide mit P, ein Rhomboeder mit R, die Ableitungszahl der anderen Formen, die sich auf die Vertikalachse bezieht, wird vor dies Zeichen, die anderen, die sich auf die Quer- oder Längsachse beziehen, nach diesem Zeichen gesetzt.

Für den Würfel mit dem obengenannten Parameterverhältnis $a:\infty a:\infty a$ ist daher das Naumannsche Zeichen $\infty O \infty$. Wir werden in diesem Buche vorzugsweise die Naumannschen Zeichen benutzen und das Nähere bei den einzelnen Systemen angeben.

Bei einer dritten Bezeichnungsweise, der Millerschen, wird das Parameterverhältnis durch Division mit dem gemeinsamen Nenner so umgeändert, dass die Abteilungszahlen nur im Nenner auftreten z. B.

$$a:2a:4a \text{ wird } \frac{a}{4}:\frac{a}{2}:\frac{a}{1}.$$

Die Zeichen der Achsen werden weiterhin fortgelassen und nur die Zahlen 4 2 1 geschrieben. Diese Zahlen nennt man die Indices der Fläche. Damit man bei ungleichen Achsen (a, b und c) weiss, auf welche Achsen sich ein Index bezieht, muss hier eine strenge Reihenfolge eingehalten werden, die erste Zahl gilt immer für die Achse a, die zweite für die Achse b, die dritte für die Vertikalachse c.

Wenn eine der Ableitungszahlen unendlich war, so tritt dafür im Index null auf, weil $\frac{a}{0} = \infty a$ ist.

Hat eine Achse ein negatives Vorzeichen, so wird das — Zeichen über ihren Index gesetzt.

Einige Beispiele werden dies erläutern:

$$a:a:a = \frac{a}{1} : \frac{a}{1} : \frac{a}{1} = 111.$$

$$a:\infty a:\infty a = \frac{a}{1} : \frac{a}{0} : \frac{a}{0} = 100.$$

$$a:2a:4a = \frac{a}{4} : \frac{a}{2} : \frac{a}{1} = 421.$$

Wir werden uns hier vorzugsweise der Naumannschen Zeichen bedienen.

Kristallsysteme.

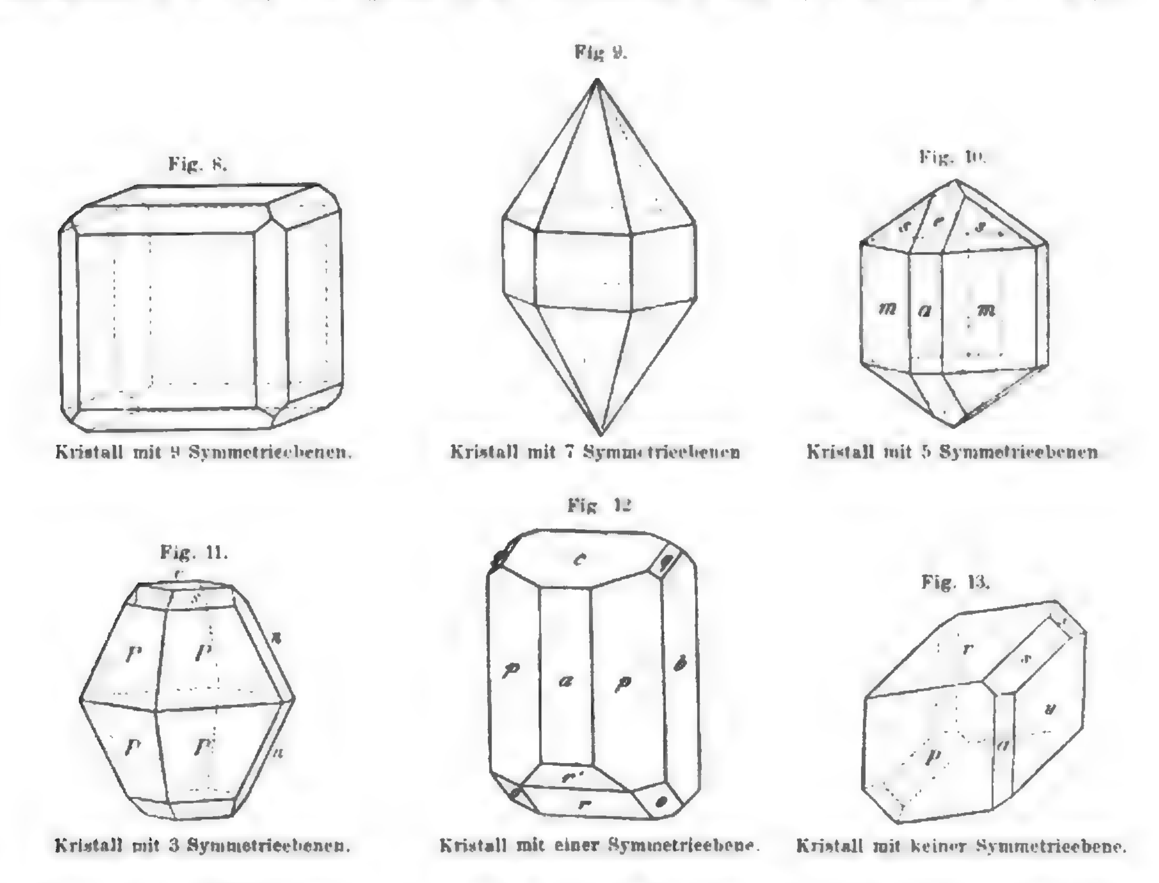
Die Kristallformen besitzen nach der Zahl und Beschaffenheit der physikalisch gleichen Flächen und der gleichen Winkel einen verschiedenen Grad von Regelmässigkeit oder, wie man besser sagt, von Symmetrie. Wir haben dies schon an den durch ihre Streifung verschiedenen Würfeln gesehen; eine glatte Würfelfläche, wie die in Fig. 4 auf Tafel 1 kann ich parallel jeder Diagonale und parallel jeder Kante halbieren, die eine Hälfte ist jedesmal das genaue Spiegelbild der anderen; eine Würfelfläche, die parallel zu einer Kante gestreift ist, Fig. 6 auf Tafel 3, kann parallel und senkrecht zu dieser Kante symmetrisch halbiert werden, nicht aber parallel zu den Diagonalen, denn es würde wohl die Fläche, nicht aber jeder einzelne Streifen symmetrisch durchschnitten werden, in der einen Hälfte läge von einem Streifen ein kurzes, in der andern Hälfte ein langes Stück. Eine andere Würfelfläche, die parallel einer Diagonale gestreift ist, Taf 19, Fig. 2. kann parallel und senkrecht zu dieser Diagonale symmetrisch halbiert werden, nicht aber parallel zu ihren Kanten.

Eine Ebene, durch welche man einen Kristall in zwei spiegelbildlich gleiche Hälften teilen kann, nennt man eine Symmetrieebene; die eine Hälfte muss in Rücksicht auf die Zahl, Lage und Beschaffenheit der Flächen genau das Spiegelbild der andern sein. Die Zahl der Ebenen, durch welche ein Kristall in spiegelbildlich gleiche Hälften geteilt werden kann, ist verschieden und es lassen sich nach der grössern oder kleinern Zahl leicht verschiedene Grade von Symmetrie unterscheiden.

Durch den glatten Würfel kann ich drei Symmetrieebenen parallel zu seinen Flächen und sechs in der Richtung der Diagonalen legen (parallel den schmalen Flächen in der Fig. 8); durch den, nach je einer Kante gestreiften Würfel aber im ganzen nur drei Symmetrieebenen (parallel zu seinen Flächen); durch den nach je einer Diagonale gestreiften Würfel im ganzen nur sechs Symmetrieebenen (in der Richtung der Diagonalen), es unterscheiden sich somit diese drei Würfel wesentlich durch ihren Symmetriegrad. Kristalle, durch die man mehr als neun Symmetrieebenen legen könnte, gibt es nicht, dagegen gibt es

Digitized by Google

andere, die sieben, fünf, drei, eine oder auch gar keine Symmetrieebene besitzen. Sieben Symmetrieebenen besitzt der in Fig. 9 abgebildete Kristall, eine ist senkrecht zu den Säulenflächen, drei verlaufen über die Kanten von Pyramide und Säule, drei über diese Flächen; fünf Symmetrieebenen besitzt der Kristall der Fig. 10, eine ist senkrecht zu den Säulenflächen *a* und *m*; zwei gehen über die Flächen *s* und *m*, zwei über *e* und *a* (im



Kristall mit 9 Symmetrieebenen. Kristall mit 7 Symmetrieebenen Kristall mit 5 Symmetrieebenen

Kristall mit 3 Symmetrieebenen. Kristall mit einer Symmetrieebene. Kristall mit keiner Symmetrieebene.

Bild die vorderen Flächen und die auf der rechten Seite); drei Symmetrieebenen besitzt der Kristall der Fig. 11, eine geht durch die horizontalen Kanten zwischen *P* und *P*, eine über die vorderen Kanten von *P* und über *c*, die dritte über die Flächen *n* und *c*; die einzige Symmetrieebene des Kristalls in Fig. 12 geht über die Flächen *c*, *a*, *r'*, *r*, der Kristall in Figur 13 besitzt gar keine Symmetrieebene.

Eine andere Art von Regelmässigkeit in der Verteilung der Flächen lässt sich daran erkennen, dass an einer Kante oder Ecke zwei oder mehr gleiche Flächen liegen. Wenn ich daher den Kristall um eine durch diese Kante oder Ecke gelegte Achse drehe, so kommt er nach einer gewissen Umdrehung mit sich selbst zur Deckung, manche Kristalle bei einer vollen Umdrehung um 360° bloss zweimal, andere drei-, vier- oder sechsmal. Eine solche Achse nennt man eine Symmetrieachse und sie ist zwei-, drei-, vier- oder sechszählig, je nachdem an jener Kante oder Ecke zwei (Fig. 11), drei (die Ecken in Fig. 8), vier (Fig. 10) oder sechs (Fig. 9) gleiche Flächen auftreten.

Endlich sieht man an möglichst ringsum ausgebildeten Kristallen leicht, dass an den meisten zu jeder Fläche eine gleiche parallele Gegenfläche auftritt, bei manchen aber auch nicht. Von den erstern sagt man, sie haben ein Symmetriezentrum, bei den andern fehlt dies.

Es gibt nun Kristalle, die gar keins von diesen sogenannten Symmetrieelementen besitzen, andere, die wenigstens ein Symmetriezentrum, andere, die eine Symmetrieebene,

eine Symmetrieachse und Symmetriezentrum besitzen und an der Spitze stehen solche mit 9 Symmetrieebenen, 13 Symmetrieachsen und einem Symmetriezentrum, dazwischen stehen Kristalle mit anderen Symmetriegraden.

Im ganzen sind zweiunddreissig, durch ihre Symmetrie unterschiedene selbstständige Kristallklassen möglich, wir verzichten aber darauf, sie hier aufzuzählen, da wir uns nicht mit mehr Namen, als notwendig, belasten wollen. Für je eine bestimmte Zahl dieser Klassen kann ein Achsenkreuz gewählt werden, durch das für alle die gleiche Zahl von Symmetrieebenen gelegt werden kann. Alle die Kristalle, welche dies gemeinsam haben, bilden einen grösseren Verband, der Kristallsystem genannt wird.

Ein Kristallsystem umfasst also alle Kristalle, durch deren Achsenkreuz die gleiche Zahl von Symmetrieebenen gelegt werden kann. Indem wir die grosse Zahl von Kristallformen nach Systemen ordnen, bekommen wir eine bequeme Uebersicht über sie.

Die Kristalle lassen sich nach den angegebenen Grundsätzen in sechs Systeme teilen, deren Namen wir unter Angabe der Zahl von Symmetrieebenen, die durch ihr Achsenkreuz gelegt werden können, hier folgen lassen:

1. Reguläres System. Drei gleiche, aufeinander senkrechte Achsen (a, a, a); Achsenkreuz mit 9 (3 + 6) Symmetrieebenen.

2. Hexagonales System. Drei gleiche, in einer Ebene liegende und unter 60° sich schneidende Nebenachsen (a, a, a), senkrecht dazu die Vertikalachse c.
Achsenkreuz mit 7 (3 + 3 + 1) Symmetrieebenen.

3. Quadratisches System. Zwei gleiche unter 90° sich schneidende Nebenachsen (a, a) senkrecht dazu die Vertikalachse c.
Achsenkreuz mit 5 (2 + 2 + 1) Symmetrieebenen.

4. Rhombisches System. Drei ungleiche, aufeinander senkrechte Achsen (a, b, c).
Achsenkreuz mit 3 Symmetrieebenen.

5. Monoklines System. Drei ungleiche Achsen (a, b, c) zwei (a, c) schneiden sich unter schiefem Winkel, die dritte (b) ist senkrecht zu a und c.
Achsenkreuz mit einer Symmetrieebene.

6. Triklines System. Drei ungleiche Achsen (a, b, c), die sich unter schiefen Winkeln (α, β, γ) schneiden.
Achsenkreuz mit 0 Symmetrieebenen.

Holoeder und Hemieder.

Jedes der sechs Kristallsysteme umfasst mehrere Kristallklassen, die sich durch den höhern und niedern Grad von Symmetrie voneinander unterscheiden und die alle selbständig nebeneinander stehen. Sie unterscheiden sich äusserlich durch die Zahl oder die Beschaffenheit der gleichen Flächen, die, bei gleicher Lage gegen das Achsenkreuz, eine einfache Form umschliessen.

Die am höchsten symmetrischen Formen eines Systems nennt man Vollflächner oder Holoeder, weil an ihnen alle Flächen auftreten, die nach ihrem Parameterverhältnis und der Symmetrie des Achsenkreuzes möglich sind. So ist das reguläre Oktaeder ein Vollflächner, weil es von den acht, nach seinem Parameterverhältnis $a:a:a$ und der Symmetrie des Achsenkreuzes möglichen Flächen begrenzt ist.

Die Flächen, welche die Kristalle der anderen Klassen eines Systems umgeben, haben immer die Lage der Flächen holoedrischer Formen, die Zahl der gleichen Flächen

ist aber häufig nur halb oder viertel so gross als bei jenen, sie heissen Halbflächner oder Hemieder und Viertelflächner oder Tetartoeder; die Zahl ihrer Symmetrieebenen ist entsprechend geringer.

Ihre Gestalt kann man immer nach bestimmten Gesetzen von einer holoedrischen ableiten, so dass die hemiedrischen Körper, obwohl sie für sich selbständig sind, doch zu den Holoedern in Beziehung gebracht werden können.

So ist das reguläre Tetraeder zwar eine für sich selbständige Form, aber die Flächen liegen an einem Würfel genau so, wie die des Oktaeders, nur nicht an jeder Ecke, sondern an den abwechselnden, es ist der Halbflächner vom Oktaeder.

Für die Anschauung dürfte die Ableitung der Halbflächner und Viertelflächner von ihren Vollflächnern bequemer sein, als ihre Behandlung als selbständige Formen und wir geben hier daher dieser Ableitung den Vorzug.

Alle die Kristalle, welche zu einer bestimmten Klasse gehören, haben den gleichen Symmetriegrad und unterscheiden sich von den Kristallen der anderen Klassen eben durch diesen Symmetriegrad, der oft in der Flächenzahl zum Ausdruck kommt, aber nicht notwendig hierin zum Ausdruck kommen muss, zuweilen gibt er sich nur in der Flächenbeschaffenheit kund, bisweilen ist die geringere Symmetrie überhaupt recht versteckt und nur durch besondere physikalische Untersuchungen zu erkennen.

Unsere drei regulären Würfel (Seite 17) sind nach Flächenzahl gleich, aber doch in ihrem Symmetriegrad verschieden wegen der Beschaffenheit ihrer Flächen, der glatte gehört in die vollflächige Klasse mit neun Symmetrieebenen, der nach je einer Kante gestreifte in die Klasse mit drei, und der nach je einer Diagonale gestreifte in die Klasse mit sechs Symmetrieebenen des regulären Systems.

Erkennung der Symmetrie.

Die Kristalle der verschiedenen Systeme und Klassen unterscheiden sich durch ihre Symmetrie, die Frage ist nun berechtigt, woran erkenne ich denn den Symmetriegrad eines Kristalls?

Nach unseren bisherigen Erfahrungen können wir sie dahin beantworten, dass wir den Symmetriegrad aus der Zahl, der Lage und der äusseren Beschaffenheit der Kristallflächen erkennen können, und in sehr vielen Fällen wird man ihn hiernach gewiss richtig bestimmen, ich erinnere hier nur an die drei Würfel von Flussspat, Schwefelkies und Zinkblende, die nach Zahl und Lage der Flächen gleich, sich durch die Flächenbeschaffenheit unterscheiden und hieraus auf verschiedenen Symmetriegrad schliessen lassen. Wie aber, wenn die Flächen alle glatt und äusserlich gleich wären?

Die Verschiedenheit bliebe bestehen, ich könnte sie aber nicht wahrnehmen. In solchen Fällen führt uns die Untersuchung der A e t z f i g u r e n zum Ziel. Wenn nämlich eine Kristall- oder Spaltungsfläche mit einem nicht zu heftig wirkenden Lösungsmittel kurze Zeit in Berührung gebracht wird, so bedeckt sich die Oberfläche mit kleinen, regelmässigen Vertiefungen, die man Aetzfiguren nennt und die zur Bestimmung der Symmetrie sehr geeignet sind, weil ihre Form und Lage auf einer Fläche immer der kristallographischen Symmetrie dieser Fläche entspricht. Die auf diese Weise hervorgerufenen Aetzfiguren sind fast immer nur mikroskopisch klein, selten so gross, dass sie mit blossem Auge deutlich gesehen werden können, in der Natur erzeugte sind öfters genügend gross, hier ein Beispiel dafür. Der in Fig. 8 auf Taf. 1 abgebildete Quarzkristall hat die Form wie unsere Textfigur 9 und man könnte meinen, dass über jede Säulenfläche senkrecht und

horizontal eine Symmetrieebene hinginge, dem widersprechen aber die Aetzfiguren am Quarz, die wir an dem Kristall Fig. 3 der Taf. 65 wahrnehmen und die hier ganz ungewöhnlich gross und deutlich sind. Sie liegen schief auf jeder Säulenfläche und beweisen durch ihre Lage, dass über die Säulenfläche weder senkrecht noch horizontal eine Symmetrieebene hingeht, denn wäre dies der Fall, so müssten die Aetzfiguren aufrecht stehen oder wagrecht liegen. So erkennen wir aus Aetzfiguren, dass der Quarz weniger symmetrisch ist, als er nach der Form des in Fig. 8 auf Taf. 1 abgebildeten Kristalles scheinen möchte, er ist hexagonal, besitzt aber gar keine Symmetrieebene.

Beschreibung der Kristallformen.

Wenn wir eine einfache Kristallform beschreiben wollen, denken wir sie uns in idealer Regelmässigkeit ausgebildet, d. h. die Flächen, welche physikalisch gleich sind, nehmen wir als gleich gross an, betrachten ihren Umriss, messen den Winkel, den sie miteinander einschliessen und sehen zu, in welchem Verhältnis sie die Achsen schneiden. Oft kann man dies Verhältnis direkt mit dem Auge ablesen, öfters muss man es aus den gemessenen Winkeln berechnen, was wir immer als geschehen annehmen.

In einer Kombination sind physikalisch verschiedene Flächen vereinigt und meist so, dass die der einen Form grösser sind als die der andern. Diese vorherrschende Form nennt man den Träger der Kombination und beschreibt nun die Kombination, indem man angibt, in welcher Weise die Gestalt der vorherrschenden Form durch die anderen Flächen geändert ist. Welchen Formen diese anderen Flächen angehören, erkennt man bei einiger Uebung aus ihrer Lage am Kristall oder indem man ihr Parameterverhältnis zu ermitteln sucht. Bei der Beschreibung von Kombinationen bedient man sich einiger einfachen Ausdrücke, man sagt, eine Ecke oder Kante einer Kristallform sei abgestumpft, Fig. 21, 22, wenn sie durch eine Fläche ersetzt ist, eine Kante sei zugeschärft, Fig. 23, wenn an ihr zwei neue Flächen auftreten, eine Ecke sei zugespitzt, Fig. 24, wenn an ihr andere Flächen auftreten, zweiflächig zugespitzt, wenn zwei, vierflächig zugespitzt, wenn vier Flächen an ihr auftreten und gibt dabei noch an, ob diese Flächen von den Flächen der vorherrschenden Form oder von ihren Kanten aus aufgesetzt sind.

Wir haben den Kristall in Fig. 3 auf Taf. 1 als Kombination bereits kennen gelernt, um sie zu beschreiben würden wir sagen, Träger der Kombination ist der Würfel, seine Ecken sind durch die Flächen des Oktaeders abgestumpft.

Reguläres System.

Die Kristalle des regulären Systems sind nach drei aufeinander senkrechten Richtungen gleich ausgebildet, das Achsenkreuz besteht daher aus drei gleichen, aufeinander senkrechten Achsen. Wir betrachten zuerst die Holoeder und dann die hieraus ableitbaren Hemieder.

Die Kristalle besitzen neun Symmetrieebenen, drei gehen den Würfelflächen, sechs den Flächen des Rhombendodekaeders parallel. Es gibt sieben, durch ihre Gestalt wesentlich verschiedene Formen:

1. Das Oktaeder, Fig. 14, ist von acht gleichseitigen Dreiecken begrenzt, die sich unter einem Winkel von 109° 28′ 16″ schneiden; die Achsen gehen von Ecke zu Ecke, eine

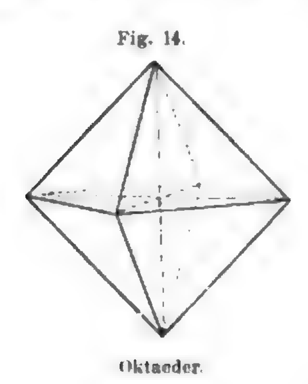
Digitized by Google

jede Fläche schneidet sie in dem Verhältnis $a:a:a$; das Oktaeder ist daher die gegebene Grundform und bekommt das Naumannsche Zeichen O. Beispiel: Flussspat, Magneteisen.

2. Der **Würfel**, Fig. 15, ist von 6 aufeinander senkrechten gleichen Flächen begrenzt, die Achsen gehen durch die Mitten der Flächen; eine Fläche schneidet eine Achse und geht den beiden andern parallel. $a:\infty a:\infty a = \infty O \infty$. Beispiel: Flussspat.

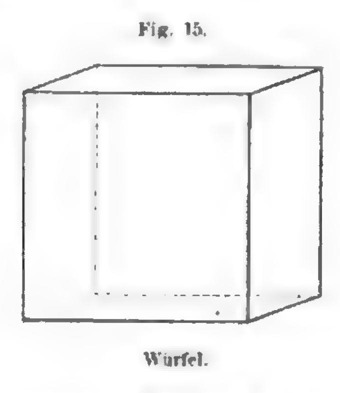
3. Das **Rhombendodekaeder**, Figur 16, ist von 12 Rhomben begrenzt, die einen Winkel von 120° miteinander bilden; eine Fläche schneidet zwei Achsen in gleicher Länge und geht der dritten parallel. $a:a:\infty a = \infty O$. Beispiel: Granat.

Fig. 14.



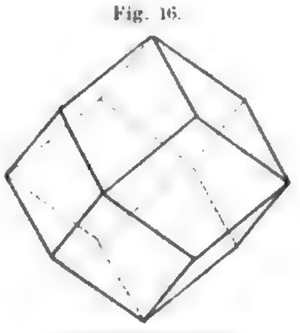
Oktaeder.

Fig. 15.



Würfel.

Fig. 16.

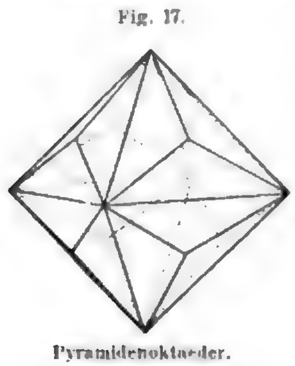


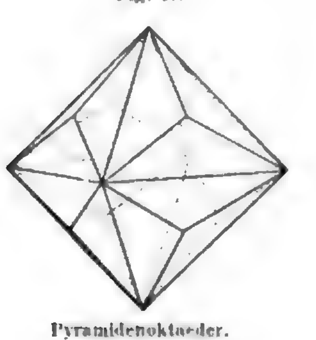
Rhombendodekaeder.

4. Ein **Pyramidenoktaeder**, Fig. 17, ist von 24 gleichschenkligen Dreiecken begrenzt, gewissermassen ein Oktaeder, über dessen Flächen sich je eine dreiseitige Pyramide erhebt. Eine Fläche schneidet zwei Achsen in gleicher, die dritte in grösserer Länge, z. B. $a:a:2a = 2O$. Die Form kommt für sich allein nur sehr selten vor.

5. Ein **Pyramidenwürfel**, Fig. 18, ist von 24 gleichschenkligen Dreiecken begrenzt, gewissermassen ein Würfel, über dessen Flächen sich je eine vierseitige Pyramide erhebt. Eine Fläche schneidet zwei Achsen in verschiedener Länge und geht der

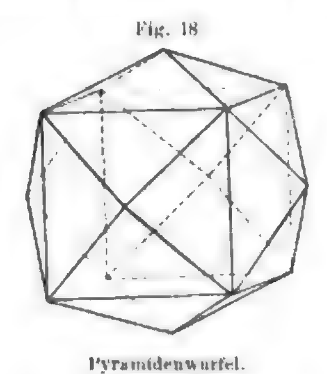
Fig. 17.





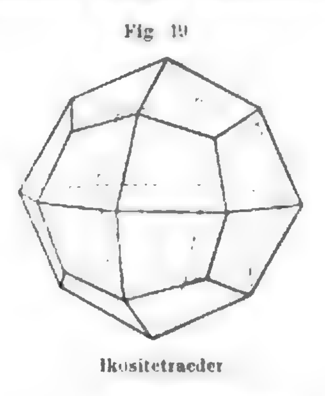
Pyramidenoktaeder.

Fig. 18.



Pyramidenwürfel.

Fig. 19.



Ikositetraeder.

Fig. 20.

Achtundvierzigflächner.

dritten parallel, z. B. $a:2a:\infty a = \infty O 2$. Beispiel: Gediegen Kupfer, Taf. 10, Fig. 2.

6. Ein **Ikositetraeder**, Figur 19, ist von 24 Vierecken (Deltoiden) begrenzt, eine Fläche schneidet zwei Achsen in gleicher, die dritte in kleinerer Länge, z. B. $2a:2a:a = 2O2$. Beispiel: Analcim.

7. Ein **Achtundvierzigflächner**, Figur 20, ist von 48 ungleichseitigen Dreiecken begrenzt. Eine Fläche schneidet die drei Achsen in verschiedener Länge, z. B. $a:2a:4a = 4O2$. Kommt für sich allein nur selten vor.

Digitized by Google

Kombinationen.

Am Oktaeder als Träger der Kombination stumpft der Würfel die Ecken, Fig. 21, das Rhombendodekaeder die Kanten ab, Figur 22. Das Pyramidenoktaeder schärft die Kanten des Oktaeders zu, Fig. 23, das Ikositetraeder bewirkt eine vierflächige, von den Flächen aus aufgesetzte Zuspitzung, Fig. 24. Wenn in einer Kombination alle Flächen ziemlich gleich gross sind, so dass weder die eine noch die andere Form Träger der Kombination ist, so nennt man die Kombination einen Mittelkristall und gibt ihr bisweilen einen besondern Namen. So ist die in Figur 26 abgebildete Kombination ein Mittelkristall von Würfel und Oktaeder und heisst Cubooktaeder.

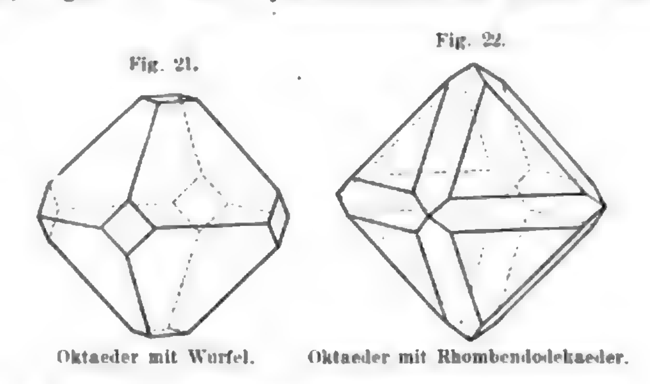


Fig. 21. Oktaeder mit Würfel. Fig. 22. Oktaeder mit Rhombendodekaeder.

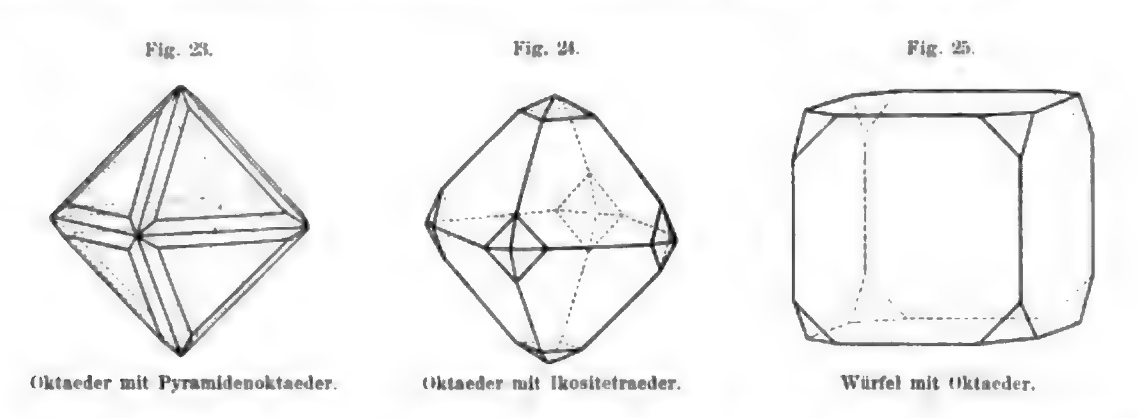


Fig. 23. Oktaeder mit Pyramidenoktaeder. Fig. 24. Oktaeder mit Ikositetraeder. Fig. 25. Würfel mit Oktaeder.

Am Würfel stumpft das Oktaeder die Ecken, Fig. 25, 26, das Rhombendodekaeder die Kanten ab, Fig. 27; der Pyramidenwürfel schärft die Kanten zu, Fig. 28, das Ikositetraeder bewirkt eine dreiflächige, von den Flächen aus aufgesetzte Zuspitzung der Ecken, Fig. 29, der Achtundvierzigflächner eine sechsflächige Zuspitzung der Ecken, Fig. 30.

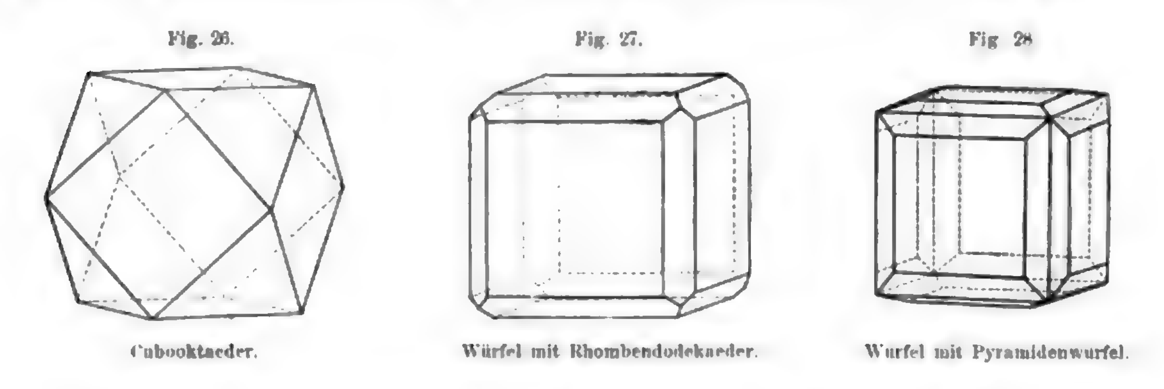


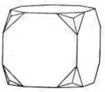
Fig. 26. Cubooktaeder. Fig. 27. Würfel mit Rhombendodekaeder. Fig. 28. Würfel mit Pyramidenwürfel.

Am Rhombendodekaeder stumpft das Oktaeder die dreikantigen Ecken, Fig. 31, das Ikositetraeder $2O2$ die Kanten ab, Fig. 32, der Achtundvierzigflächner $3O\frac{3}{2}$ schärft sie zu, Fig. 33, beide zusammen ersetzen eine Kante durch drei Flächen, Fig. 34.

Digitized by Google

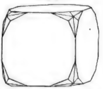
Zu dieser Abteilung gehört Gold, Silber und Kupfer; Bleiglanz, Tafel 16, Magneteisen, Tafel 29 und 29a, Granat, Tafel 47, Sodalith, Tafel 62, Analcim, Tafel 63, Steinsalz, Tafel 70, Flussspat, Tafel 71.

Fig. 29.



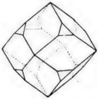
Würfel mit Ikositetraeder.

Fig. 30.



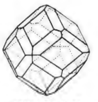
Würfel mit Achtundvierzigflächner.

Fig. 31.



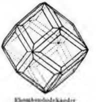
Rhombendodekaeder mit Oktaeder.

Fig. 32.



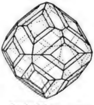
Rhombendodekaeder mit Ikositetraeder.

Fig. 33.



Rhombendodekaeder mit Achtundvierzigflächner.

Fig. 34.



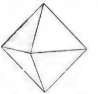
Rhombendodekaeder mit Ikositetraeder und Achtundvierzigflächner.

Die anderen Kombinationen sind weniger wichtig.

Tetraedrische Hemiedrie.

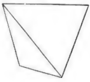
Es gibt reguläre Kristalle, die ihrer Form nach Oktaeder sind, deren Flächen aber nur abwechselnd gleich sind, Fig. 35, die aneinander grenzenden sind verschieden,

Fig. 35.



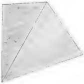
Oktaeder mit verschiedenen Flächen (Tetraeder und Gegentetraeder).

Fig. 36.



Tetraeder.

Fig. 37.



Gegentetraeder.

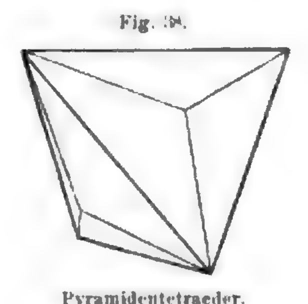
etwa die einen glänzend, die andern matt (Zinkblende). Die Verschiedenheit gibt sich bei anderen auch in der Grösse der Flächen zu erkennen (Fahlerz, Fig. 1 auf Taf. 12) und kann soweit gehen, dass nur die eine Hälfte der Flächen ausgebildet ist, die andere aber gänzlich fehlt. Dann liegt eine neue Form vor, die Tetraeder, Fig. 36, genannt

Digitized by Google

wird und als der Halbflächner des Oktaeders angesehen werden kann. Naumann gibt dem Tetraeder daher das Zeichen $\frac{O}{2}$. Ein Oktaeder kann natürlich zwei Halbflächner liefern, die als Tetraeder, Fig. 36, und Gegentetraeder, Fig. 37, oder als positives und negatives Tetraeder unterschieden werden und sich zusammen zum Oktaeder ergänzen.

In ähnlicher Weise kann ein Ikositetraeder in zwei Hemieder zerfallen, die Pyramidentetraeder genannt werden (Figur 38). Die beiden anderen neuen Formen dieser Hemiedrie sind weniger wichtig, die Gestalten des Würfels, Rhombendodekaeders und Pyramidenwürfels bleiben unverändert, aber an ihrer Flächenbeschaffenheit kann sich die Zugehörigkeit zu dieser Hemiedrie verraten, wie wir an dem würfligen, nach nur einer Diagonale gestreiften Kristall von Zinkblende (Tafel 20, 4) sehen. Die Formen dieser Klasse besitzen sechs, den Rhombendodekaederflächen parallele Symmetrieebenen und lassen sich von den vollflächigen nach dem Gesetz ableiten:

Fig. 38.



Pyramidentetraeder.

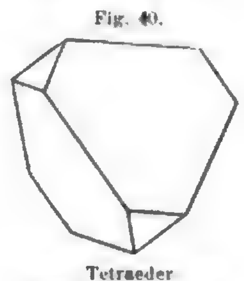
Die Flächen in dem einen Oktanten verhalten sich einander gleich und verschieden von den Flächen in den benachbarten Oktanten.

Fig. 39.

Tetraeder mit Würfel.

Kombinationen. Am Tetraeder stumpft der Würfel die Kanten, Fig. 39, das Gegentetraeder die Ecken ab, Fig. 40; das Pyramidentetraeder von gleicher Stellung schärft die Kanten zu, Fig. 41, das der entgegengesetzten Stellung bewirkt eine dreiflächige, von den Kanten aus aufgesetzte Zuspitzung; das Rhombendodekaeder bewirkt eine dreiflächige, von den Flächen aus aufgesetzte Zuspitzung der Ecken des Tetraeders, Fig. 42.

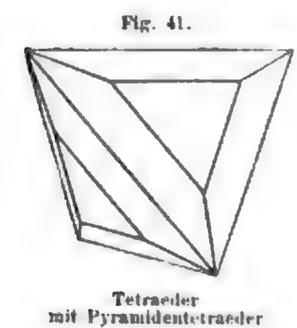
Fig. 40.



Tetraeder mit Gegentetraeder.

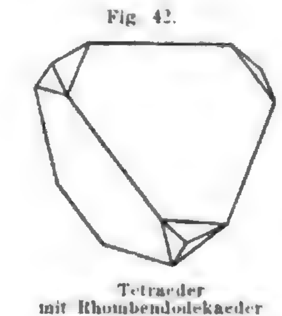
Am Würfel stumpft das Tetraeder die abwechselnden Ecken ab, Fig. 43, am Rhombendodekaeder die abwechselnden dreikantigen Ecken ab (Figur 44, in der ausserdem die vierkantigen Ecken durch die Würfelflächen abgestumpft sind). Die besten Beispiele für diese Hemiedrie bietet Fahlerz, Taf. 12 und Zinkblende, Taf. 20.

Fig. 41.



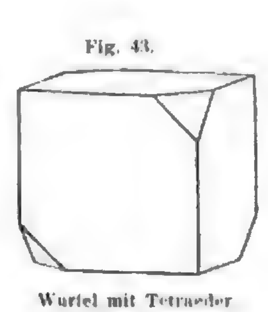
Tetraeder mit Pyramidentetraeder

Fig. 42.



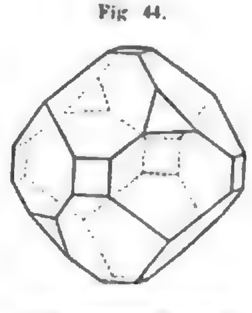
Tetraeder mit Rhombendodekaeder

Fig. 43.



Würfel mit Tetraeder

Fig. 44.



Rhombendodekaeder mit Würfel und Tetraeder.

Pentagonale Hemiedrie.

Schwefelkies findet sich häufig in Formen, die von 12 Fünfecken (Pentagonen) begrenzt sind und daher Pentagondodekaeder genannt werden. Wir sehen eine solche Form

Digitized by Google

in Figur 5 und 6 auf Tafel 26 und in der Textfigur 45. Eine Fläche schneidet die Achsen ebenso, wie eine Fläche vom Pyramidenwürfel, die Form hat aber von dessen 24 Flächen nur die Hälfte, ist also dessen Hemieder und bekommt das Zeichen $\frac{\infty O 2}{2}$.

Ebenso tritt der Schwefelkies in Kristallen auf, die von 24 Flächen begrenzt sind, welche so liegen, dass sie alle drei Achsen in ungleicher Länge schneiden, $a : 3a : \frac{3}{2} a$, wie die eines Achtundvierzigflächners; es sind Hemieder davon, werden **Diploeder** (oder Dyakisdodekaeder) genannt (Fig. 46) und bekommen das Zeichen $\left[\frac{3 O \frac{3}{2}}{2}\right]$, das in eckige Klammern gesetzt wird, wenn es mit dem Hemieder des Achtundvierzigflächners der tetraedrischen Hemiedrie verwechselt werden kann.

Die anderen Formen der holoedrischen Abteilung bleiben unverändert, verraten aber ihre Zugehörigkeit zur pentagonalen Hemiedrie bisweilen durch die Streifung ihrer Flächen, wie wir an dem Würfel von Schwefelkies (Tafel 26, 1) sehen.

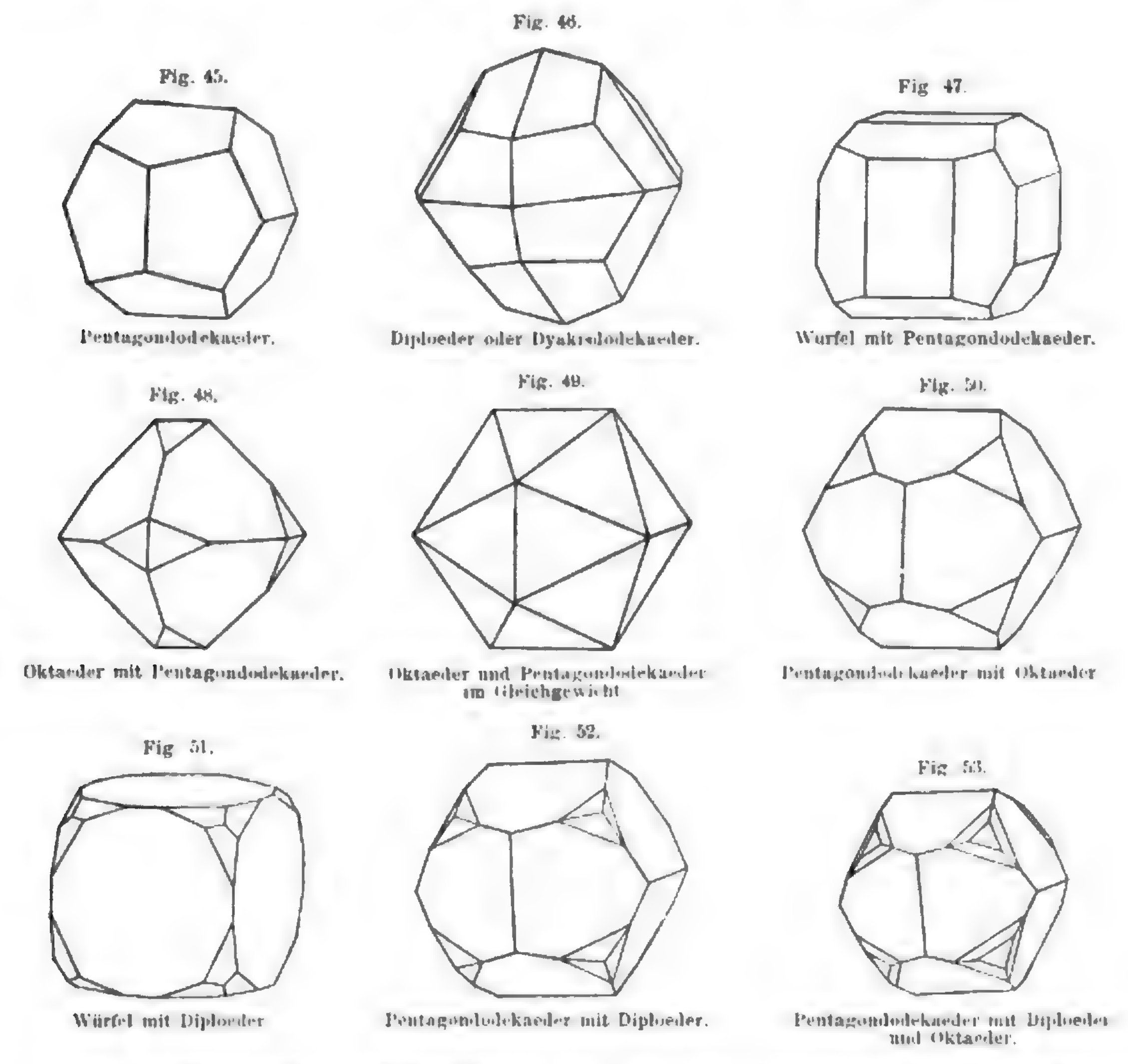


Fig. 45. Pentagondodekaeder.

Fig. 46. Diploeder oder Dyakisdodekaeder.

Fig. 47. Würfel mit Pentagondodekaeder.

Fig. 48. Oktaeder mit Pentagondodekaeder.

Fig. 49. Oktaeder und Pentagondodekaeder im Gleichgewicht.

Fig. 50. Pentagondodekaeder mit Oktaeder.

Fig. 51. Würfel mit Diploeder.

Fig. 52. Pentagondodekaeder mit Diploeder.

Fig. 53. Pentagondodekaeder mit Diploeder und Oktaeder.

Die Formen dieser Klasse besitzen drei, den Würfelflächen parallele Symmetrieebenen und lassen sich von den vollflächigen nach dem Gesetz ableiten, die Flächen in einem Oktanten verhalten sich abwechselnd gleich und an der Grenze der Oktanten stossen gleiche Flächen zusammen.

Digitized by Google

Kombinationen: Das Pentagondodekaeder stumpft die Kanten vom Würfel schief ab, Fig 47, bewirkt am Oktaeder eine zweiflächige Zuspitzung der Ecken, Fig. 48, oder bildet mit ihm, wenn beide Flächen gleich gross werden, das sogenannte Ikosaeder, Figur 49. Wird das Pentagondodekaeder zum Träger der Kombination, so stumpft das Oktaeder an ihm die drei- und gleichkantigen Ecken ab, Fig. 50.

Das Diploeder bewirkt am Würfel eine dreiflächige schiefe Zuspitzung der Ecken, Fig. 51, am Pentagondodekaeder eine dreiflächige Zuspitzung der Ecken, Fig. 52, die bisweilen zugleich von dem Oktaeder abgestumpft werden, Fig. 53. Schwefelkies, Tafel 26, und Glanzkobalt, Tafel 36, sind die besten Beispiele für diese Hemiedrie.

Quadratisches System (oder tetragonales System).

Die Kristalle des quadratischen Systems sind in zwei zueinander senkrechten Richtungen gleich, in der dritten dazu senkrechten Richtung verschieden ausgebildet, der Querschnitt der einfachen Formen ist ein Quadrat und daher heisst das System quadratisches. Entsprechend der Ausbildung der Kristalle nimmt man drei aufeinander senkrechte Achsen an, zwei sind einander gleich (a) und heissen die Nebenachsen, die dritte (c) ist davon verschieden und heisst Vertikalachse oder die Hauptachse. Die Kristalle der vollflächigen Klasse besitzen fünf Symmetrieebenen, eine ist senkrecht zur Hauptachse und heisst Hauptsymmetrieebene, zwei gehen durch je eine Nebenachse und die Hauptachse, die beiden andern bilden mit diesen einen Winkel von 45° und gehen ebenfalls durch die Hauptachse.

Es gibt im ganzen fünf, durch ihre Gestalt wesentlich verschiedene Formen, quadratische Pyramiden und Prismen, achtseitige Pyramiden und Prismen und die Basis. Unter den quadratischen Pyramiden, die an einem Mineral auftreten, wird eine als Grundform gewählt, Fig. 54, die Achsen gehen bei ihr von Ecke zu Ecke und sie bekommt das Zeichen P; die anderen Formen werden nach ihrer Lage zu den Achsen bestimmt.

Fig. 54

Quadratische Pyramide erster Stellung.

Fig. 55.

Quadratische Pyramide zweiter Stellung

Alle die quadratischen Pyramiden, bei denen die Achsen von Ecke zu Ecke gehen, heissen Pyramiden erster Stellung; ihre Flächen schneiden die Vertikalachse in grösserer oder geringerer Länge als die der Grundform und bekommen danach das Zeichen $2P$, $3P$ oder $1/2P$, $1/4P$.

Alle die quadratischen Pyramiden, bei denen die Nebenachsen die Mitte der Seitenkanten verbinden, Figur 55, heissen Pyramiden der zweiten Stellung; eine Fläche geht einer Nebenachse parallel, die Pyramiden bekommen das Zeichen $P\infty$, $2P\infty$, $1/2P\infty$.

Zu den Pyramiden der ersten Stellung gehört das Prisma der ersten Stellung, Figur 56, dessen Flächen der Vertikalachse parallel gehen und die Nebenachsen in gleicher Länge schneiden; das Zeichen ist ∞P. Ebenso gehört zu den Pyramiden der zweiten Stellung das Prisma der zweiten Stellung, Fig. 57, dessen Flächen der Vertikalachse und je einer Nebenachse parallel gehen, das Zeichen ist

Digitized by Google

$\infty P \infty$. Die Flächen eines quadratischen Prismas schneiden sich immer unter einem Winkel von 90°, ihr Querschnitt ist, wie der der Pyramiden, ein Quadrat. Die Formen erster und zweiter Stellung unterscheiden sich also nicht durch ihre Gestalt, sondern durch ihre Lage am Kristall und können daher erst an Kombinationen unterschieden werden.

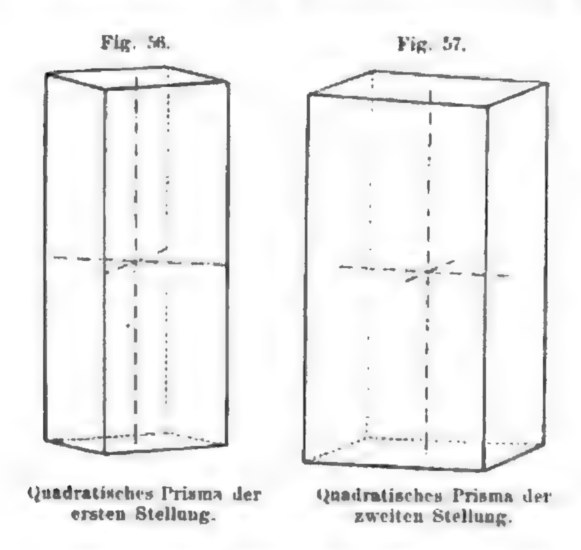


Fig. 56. Quadratisches Prisma der ersten Stellung.

Fig. 57. Quadratisches Prisma der zweiten Stellung.

Die achtseitigen Pyramiden und Prismen sind an der Zahl und der Lage der Flächen leicht zu erkennen, ihr Querschnitt ist ein symmetrisches Achteck und die Flächen schneiden die beiden Nebenachsen in ungleicher Länge. Die häufigste achtseitige Pyramide hat das Zeichen $3P3$, ein Prisma $\infty P3$.

Die Basis oder Endfläche tritt als Endbegrenzung von Pyramiden oder Prismen auf und bekommt immer das Zeichen oP.

In den Kombinationen liegen die Formen gleicher Stellung so, dass die Flächen der einen Form über oder unter den Flächen der andern Form auftreten. Treten zwei Formen von verschiedener Stellung an demselben Kristall auf, so liegen die Flächen der einen Form über oder unter den Kanten der andern. Sobald man eine Pyramide als Grundpyramide gewählt hat, sind die anderen Formen in einer Kombination leicht zu bestimmen. In Fig. 58 soll *s* die Grundpyramide *P* sein, das Prisma *m* ist dann das Prisma erster Stellung ∞P, die Pyramide *e* ist die Pyramide zweiter Stellung $P\infty$, und *a* das Prisma zweiter Stellung $\infty P \infty$. In Figur 59, die einen Zirkonkrystall darstellt, soll *o* die Grundpyramide *P* sein, *s* ist eine steilere Pyramide erster Stellung $3P$, *M* das Prisma der ersten Stellung ∞P, *x* gehört der achtseitigen Doppelpyramide $3P3$ an, ihr Zeichen kann aus den Winkeln berechnet werden, direkt aus der Figur kann man es nicht ablesen so wenig wie man sehen kann, dass die Fläche *s* die Hauptachse in dreimal grösserer Länge als die Fläche *o* schneidet. Die Winkel sind gemessen und die Werte berechnet.

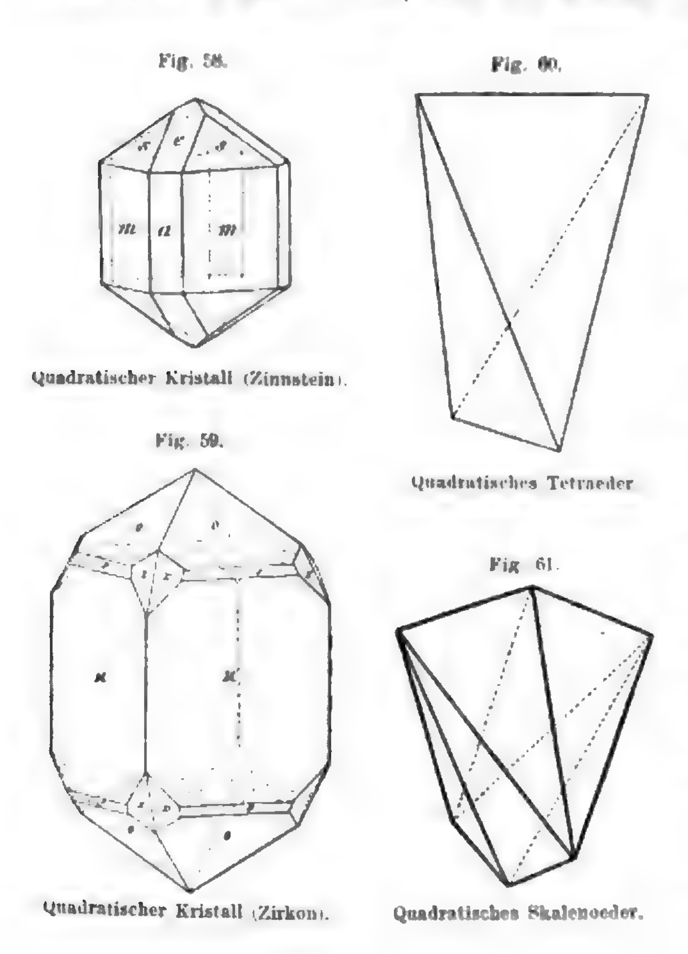


Fig. 58. Quadratischer Kristall (Zinnstein).

Fig. 59. Quadratischer Kristall (Zirkon).

Fig. 60. Quadratisches Tetraeder.

Fig. 61. Quadratisches Skalenoeder.

Beispiele für diese Abteilung lernen wir an Phosgenit (Taf. 17), Zinnstein (Taf. 38), Rutil und Anatas (Taf. 39) und Vesuvian (Taf. 49) kennen.

Die tetraedrische Hemiedrie des quadratischen Systems entspricht der des regulären. Eine Pyra-

Digitized by Google

mide erster Stellung zerfällt in zwei Tetraeder, deren Flächen gleichschenklige Dreiecke sind, Figur 60, und das Zeichen $+\frac{P}{2}$ und $-\frac{P}{2}$ bekommen; eine achtseitige Pyramide kann zwei sogenannte quadratische Skalenoeder liefern, Figur 61. An Kupferkies (Taf. 11) sehen wir solche Formen.

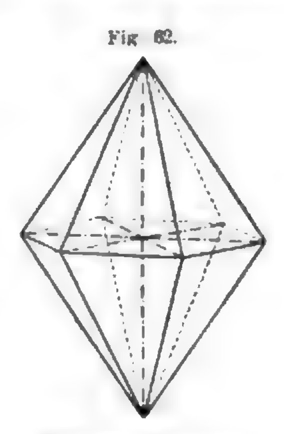
Hexagonales System.

Die holoedrischen Kristalle des hexagonalen Systems sind so ausgebildet, dass der Querschnitt einfacher Formen ein regelmässiges Sechseck (Hexagon) ist, daher der Name des Systems. An den Kristallen herrscht nach der Zahl der jeweils gleichen Flächen die Sechszahl, und entsprechend ihrer Ausbildung nimmt man drei gleiche Nebenachsen *a* an, die in einer Ebene liegen und unter 60° sich schneiden und senkrecht dazu eine Hauptachse *c*.

Die Kristalle haben sieben Symmetrieebenen, eine ist senkrecht zur Hauptachse, drei gehen durch je eine Nebenachse und die Hauptachse, die drei anderen bilden mit diesen einen Winkel von 30° und gehen ebenfalls durch die Hauptachse.

Wie im quadratischen System gibt es fünf durch ihre Gestalt wesentlich verschiedene Formen, an denen aber statt der Vierzahl die Sechszahl herrscht: Hexagonale Pyramiden und Prismen, zwölfseitige Pyramiden und Prismen und die Basis. Unter den hexagonalen Pyramiden, die an einem Mineral auftreten, wird eine als die Grundform gewählt, die Achsen gehen bei ihr von Ecke zu Ecke, Figur 62, und sie bekommt das Zeichen *P*. Die anderen Formen werden nach ihrer Lage zu den Achsen bestimmt und, wie im quadratischen System, unterschieden in:

Fig. 62.



Hexagonale Pyramide erster Stellung.

Pyramiden erster Stellung, die Achsen gehen von Ecke zu Ecke *P*, 2*P*, 1/2 *P*,

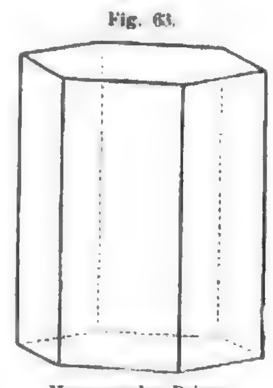
Pyramiden zweiter Stellung, die Nebenachsen gehen durch die Mitte der Seitenkanten und werden in dem Verhältnis *a*:2*a* geschnitten. Das Zeichen ist daher *P*2, 2*P*2.

Die Pyramiden erster und zweiter Stellung unterscheiden sich also nicht in ihrer Form, sondern durch ihre Lage am Kristall, sie können erst an Kombinationen unterschieden werden.

Zu jeder Art von Pyramiden gehört ein Prisma, dessen Flächen der Vertikalachse parallel gehen und sich unter einem Winkel von 120° schneiden:

Prisma erster Stellung, die Nebenachsen gehen von Kante zu Kante, ∞*P*. Bei der von uns gewählten Aufstellung wendet das Prisma eine Fläche auf den Beobachter zu, Fig. 63.

Fig. 63.



Hexagonales Prisma erster Stellung.

Prisma zweiter Stellung, die Nebenachsen gehen von Fläche zu Fläche ∞*P*2. Bei der von uns gewählten Aufstellung wendet das Prisma eine Kante auf den Beobachter zu (vergleiche die Figuren 70 und 71, in Fig. 70 Prisma der ersten, in Fig. 71 Prisma der zweiten Stellung).

Die zwölfseitigen Pyramiden und Prismen sind an der Zahl und Lage der Flächen zu erkennen; ihr Querschnitt ist ein symmetrisches Zwölfeck und eine Fläche schneidet die Neben-

Digitized by Google

achsen in ungleicher Länge. Die häufigste zwölfseitige Pyramide ist $3P\frac{3}{2}$, ein zwölfseitiges Prisma $\infty P\frac{3}{2}$.

Die **Basis** oder Endfläche, die als Endbegrenzung der Prismen auftritt, bekommt immer das Zeichen oP.

In den **Kombinationen** von Formen gleicher Stellung liegen die Flächen der einen Form über oder unter Flächen der andern Form. Treten an einem Kristall zwei Formen von verschiedener Stellung auf, so liegen die Flächen der einen Form über oder unter den Kanten der andern.

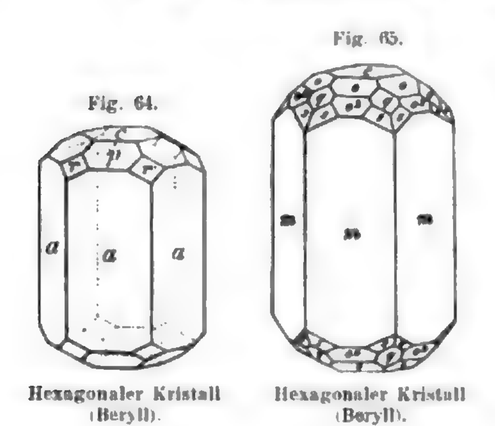


Fig. 64. Hexagonaler Kristall (Beryll). Fig. 65. Hexagonaler Kristall (Beryll).

In Figur 64 wollen wir p als eine Pyramide erster Stellung und als Grundpyramide annehmen, dann ist a das Prisma der ersten Stellung, r eine Pyramide der zweiten Stellung und c die Basis. Die Naumannschen Zeichen wären P, ∞P, $2P2$, oP.

In Figur 65 soll o die Grundpyramide P sein, o^2 ist dann eine steilere Pyramide erster Stellung $2P$, m das Prisma der ersten Stellung ∞P, q eine Pyramide der zweiten Stellung $2P2$, s eine zwölfseitige Pyramide $3P\frac{3}{2}$, c die Basis.

Zu dieser Abteilung gehört das Mineral Beryll, Tafel 44, auch die beiden Kombinationen in Figur 64 und 65 sind solche von Beryll.

Hemieder.

Nur sehr wenig Mineralien gehören in die vollflächige Abteilung des hexagonalen Systems, die meisten sind so ausgebildet, dass sie als Halbflächner oder Viertelflächner angesehen werden können. Aeusserlich ist dies nicht immer zu bemerken, so ist der Amethyst in Figur 1 und 4 auf Tafel 56 dem Anschein nach von einer hexagonalen Pyramide begrenzt, dass die Flächen aber verschieden sind, sieht man in Figur 2, wo die eine Hälfte ganz rauh ist; an anderen Kristallen zeigt sich diese Verschiedenheit in der Ausdehnung der Flächen, in Figur 3 sind drei Flächen gross, die drei damit abwechselnden klein, in Figur 5 herrschen jene drei Flächen ganz entschieden vor und endlich kann die Verschiedenheit soweit gehen, dass die drei anderen Flächen ganz verschwinden, die Form ist dann nur von drei Flächen oben und drei damit abwechselnden Flächen unten begrenzt und heisst **Rhomboeder**, dies ist also der Halbflächner einer hexagonalen Pyramide, die immer als erster Stellung anzunehmen ist. Die Hemiedrie heisst nach dieser Form die **rhomboedrische Hemiedrie**. Ein Rhomboeder, Figur 66, können wir uns von Kalkspat leicht verschaffen, da der Kalkspat beim Zerschlagen in Rhomboeder auseinander bricht; wir sehen, dass es von sechs gleichen Flächen mit rhombischem Umriss begrenzt ist, die sich in zweierlei Kanten schneiden. Je drei gleiche Kanten stossen in zwei gegenüberliegenden Ecken zusammen und durch diese Ecken geht die Hauptachse, um sie herum

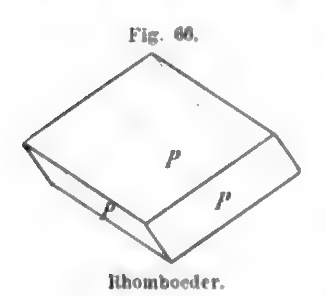


Fig. 66. Rhomboeder.

herrscht die Dreizahl. Stellen wir diese Achse aufrecht, so gehen die Mittelkanten zickzackförmig auf und ab und durch ihre Mitten gehen die drei Nebenachsen.

Da sehr viel mehr Mineralien in Rhomboedern kristallisieren als in hexagonalen Pyramiden, gibt Naumann ihnen ein besonderes Zeichen und bezeichnet das Spaltungsrhomboeder, das er als Grundform annimmt, mit dem Anfangsbuchstaben *R*. Alle die Rhomboeder, welche in Kombinationen ihre Flächen nach derselben Seite hinwenden, wie das Grundrhomboeder, werden als positiv bezeichnet, z. B. $+4R$, $+1/4R$, alle die Rhomboeder aber, deren Flächen über den Kanten des Grundrhomboeders liegen, heissen negativ, z. B. $-2R$, $-1/2R$. Bei der von uns gewählten Aufstellung wendet ein positives Rhomboeder oben eine Fläche auf den Beobachter zu (Figur 66), ein negatives (Figur 67) eine Kante.

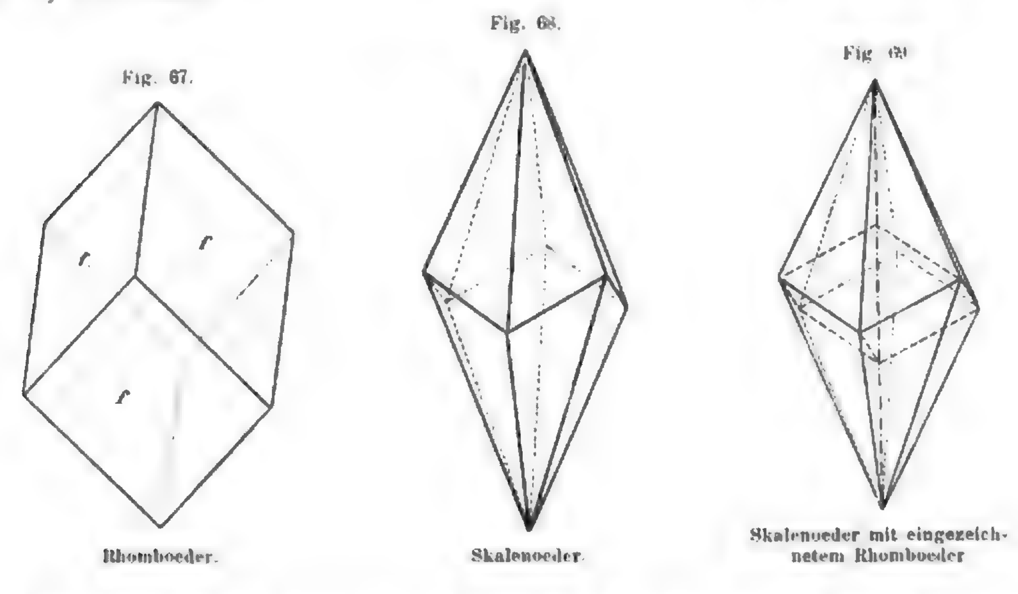


Fig. 67. Rhomboeder.

Fig. 68. Skalenoeder.

Fig. 69. Skalenoeder mit eingezeichnetem Rhomboeder.

Wenn wir an dem Amethyst auf Tafel 56 das glänzende und grosse Rhomboeder als $+R$ bezeichnen, bekäme das kleine und matte das Zeichen $-R$, beide ergänzen sich zur Pyramide der ersten Stellung.

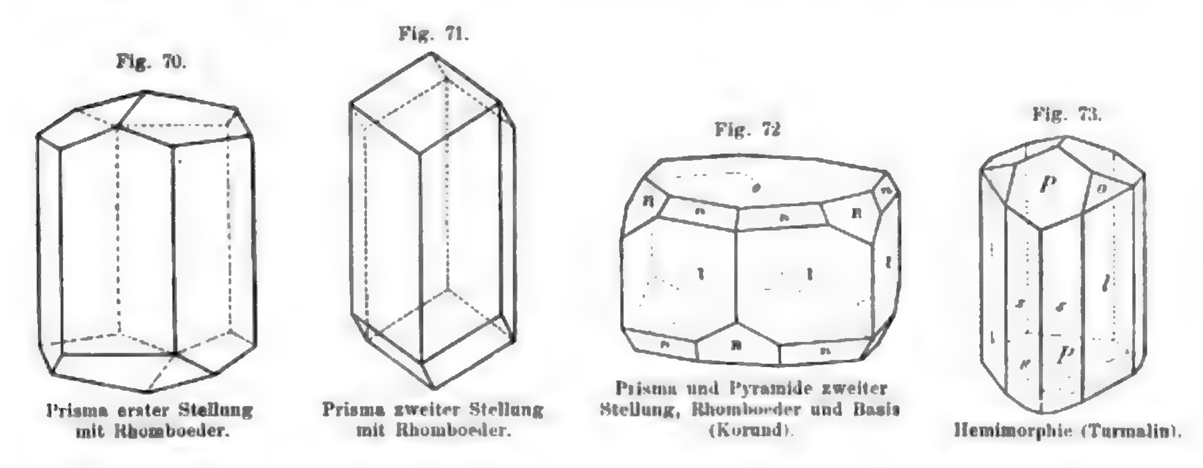
Ausser dem Rhomboeder tritt in dieser Hemiedrie noch eine neue Form auf, die nach Lage und Zahl ihrer Flächen als Hemieder der zwölfseitigen Pyramide aufgefasst werden kann und Skalenoeder, Fig. 68, genannt wird. Auch bei ihm herrscht um die Hauptachse herum die Dreizahl, drei schärfere Kanten wechseln mit drei stumpfen ab; die Mittelkanten gehen wieder zickzackförmig auf und ab, es ist begrenzt von 12 ungleichseitigen Dreiecken, sechs nach oben, sechs nach unten. Die Mittelkanten liegen so, wie bei einem Rhomboeder; die Flächen sind aber steiler, Fig. 69; hierauf gründet Naumann seine Bezeichnung: ein Skalenoeder bekommt zunächst das Zeichen des Rhomboeders, dessen Mittelkanten mit denen des Skalenoeders zusammenfallen, dazu kommt eine Zahl, welche angibt, in wievielmal grösserer Länge die Flächen des Skalenoeders die Hauptachse schneiden als die des Rhomboeders; und diese Zahl wird hinter das Zeichen des Rhomboeders gesetzt. Wenn z. B. die Mittelkanten eines Skalenoeders mit denen des Grundrhomboeders *R* zusammenfallen, seine Flächen die Hauptachse in der dreifachen Länge schneiden, so bekommt es das Zeichen $R3$. Das Prisma der ersten Stellung wird aufgefasst als ein Rhomboeder, dessen Flächen die Hauptachse im Unendlichen schneiden und bekommt daher das Zeichen ∞R, die Basis bekommt das Zeichen $0R$, die Formen der zweiten Stellung behalten ihre Zeichen bei, also das Prisma $\infty P2$, eine Pyramide $2P2$.

Digitized by Google

Kombinationen: Liegen in einer Kombination vom Rhomboeder und Prisma die Rhomboederflächen über den Prismenflächen, so ist das Prisma ein solches erster Stellung, Fig. 70, $\infty R \cdot -\frac{1}{2} R$, liegen aber die Rhomboederflächen über den Prismenkanten, so ist das Prisma ein solches zweiter Stellung, Fig. 71, $\infty P2 \cdot R$. In Fig. 72 ist R ein Rhomboeder, dessen Flächen über den Kanten des Prismas liegen, das Prisma l ist demnach zweiter Stellung, die Pyramide n ebenfalls eine zweiter Stellung, o die Basis.

Von Rhomboedern treten positive und negative miteinander in Kombination, besonders häufig so, dass das eine die Kanten vom andern gerade abstumpft, es schneidet dann die Hauptachse in der halben Länge als dieses; die Kanten von $+R$ werden abgestumpft durch $-1/2\,R$, die von $-2\,R$ durch $+R$, die von $+4\,R$ durch $-2\,R$ u. s. w.

Die Skalenoeder sind in den Kombinationen an Zahl und Lage ihrer Flächen zu erkennen. Das beste Beispiel ist Kalkspat (Taf. 72 und 73), aber auch Korund (Taf. 42), Eisenglanz (Taf. 28).



Prisma erster Stellung mit Rhomboeder.

Prisma zweiter Stellung mit Rhomboeder.

Prisma und Pyramide zweiter Stellung, Rhomboeder und Basis (Korund).

Hemimorphie (Turmalin).

Einige andere Hemiedrien erkennen wir an den folgenden Figuren, die uns die Kristallformen bestimmter Mineralien vorführen. Figur 73 zeigt uns die Ausbildung, die manchmal Turmalin erkennen lässt; an der Dreizahl der einander gleichen Flächen erkennen wir die rhomboedrische Hemiedrie, die Flächen an dem obern Ende sind aber andere als an dem untern, der Kristall ist rhomboedrisch hemimorph; P kann als Grundrhomboeder $+R$ angenommen werden, o ist dann $-2R$, weil seine Kanten von P gerade abgestumpft werden; an dem untern Ende werden die Kanten von P durch n abgestumpft, was darum $-\frac{1}{2} R$ ist. Die Flächen l liegen unter den Rhomboederflächen, gehören darum dem Prisma erster Stellung ∞R an, die Hemimorphie aber bringt es mit sich, dass es nur mit drei Flächen ausgebildet ist; man kann sich vorstellen, dass das Prisma erster Stellung ein Rhomboeder sei, dessen Flächen die Hauptachse im Unendlichen schneiden, drei nach oben, die drei abwechselnden nach unten, beide sind unabhängig voneinander und so kann das Prisma nur mit drei Flächen auftreten. Die Flächen s gehören dem Prisma der zweiten Stellung an, dessen Flächenzahl durch die Hemimorphie nicht vermindert wird. Wenn die Verschiedenheit der beiden Enden nicht zu erkennen ist, vielleicht weil der Kristall mit einem Ende aufgewachsen war, so ist immer das dreiseitige Prisma für die rhomboedrische Hemimorphie charakteristisch.

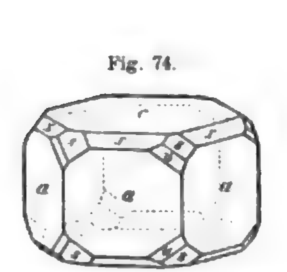
An dem Kristall der Figur 74, die uns Apatit vorführt (wie die in Figur 2 der Tafel 81), ist c die Basis, x die Pyramide der ersten Stellung P, s die Pyramide der zweiten Stellung $2P2$, die Flächen u haben die Lage einer zwölfseitigen Doppelpyramide

Digitized by Google

(wie *s* in Figur 65) $3P\frac{3}{2}$, aber nur die Hälfte ist vorhanden, ihr Zeichen ist daher $\frac{3P\frac{3}{2}}{2}$. Für sich allein würden diese Flächen eine Pyramide bilden, deren Flächen schief zu den Achsen liegen, die Hemiedrie heisst darum pyramidale Hemiedrie.

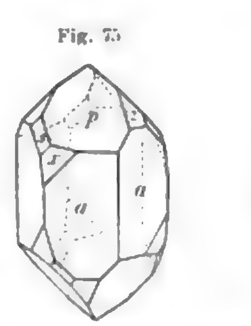
In den Figuren 75 und 76, die Quarzkristalle vorstellen, ist *p* das Rhomboeder $+R$, *z* das Rhomboeder $-R$, beide zusammen würden eine Pyramide erster Stellung bilden; die unter ihnen liegenden Prismenflächen *a* gehören dem Prisma erster Stellung an. *s* ist eine Pyramide der zweiten Stellung (wie in Figur 74), aber nur die Hälfte der Flächen ist ausgebildet; *x* hat die Lage von Flächen der zwölfseitigen Doppelpyramide, an einer Kante tritt aber nur oben und unten eine Fläche auf, an der folgenden fehlen sie; von den Flächen der zwölfseitigen Doppelpyramide tritt also nur der vierte Teil auf, die Kristalle sind tetartoedrisch. Für sich würden diese Flächen eine Form bilden, die man Trapezoeder nennt,

Fig. 74.



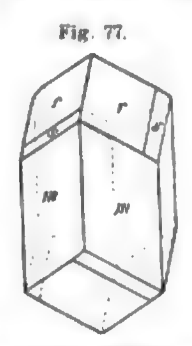
Pyramidale Hemiedrie (Apatit).

Fig. 75. Fig. 76.



Trapezoedrische Tetartoedrie (Quarz).

Fig. 77.



Rhomboedrische Tetartoedrie (Dioptas).

die Tetartoedrie heisst darum die trapezoedrische Tetartoedrie. An dem einen Kristall tritt die trapezförmige Fläche *x* links unter *p* (Figur 75), an dem andern rechts unter *p* (Figur 76) auf; die Kristalle werden hiernach als rechte (Figur 76) und linke (Figur 75) unterschieden, sie stehen zueinander wie die linke Hand zur rechten Hand, der eine kann mit dem andern nicht zur Deckung gebracht werden, sie verhalten sich wie ein Bild zum Spiegelbild. Man sagt von einem solchen Kristallpaar es sei enantiomorph.

In der Figur 77 (Dioptas) ist *r* wieder das Rhomboeder $+R$, *m* das Prisma der zweiten Stellung $\infty P2$, *s* wäre ein Skalenoeder, wenn es alle Kanten zwischen *r* und *m* abstumpfen würde; es stumpft aber nur die Hälfte ab und ist darum — weil ein Skalenoeder schon ein Hemieder ist — eine tetartoedrische Form; für sich würden die Flächen *s* ein Rhomboeder bilden, die Tetartoedrie heisst darum die rhomboedrische Tetartoedrie.

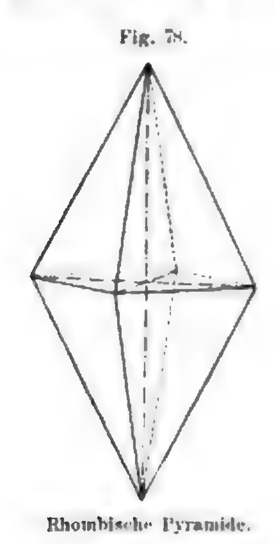
Rhombisches System.

Die Kristalle des rhombischen Systems sind so ausgebildet, dass sie auf ein Achsenkreuz von drei ungleichen, aufeinander senkrechten Achsen bezogen werden können, eine davon wird als Vertikalachse aufrecht gestellt und bekommt den Buchstaben $\dot{c}$, die längere der beiden anderen lässt man als Querachse von links nach rechts laufen und gibt ihr den Buchstaben $\bar{b}$, Naumann nennt sie die Makrodiagonale, die kürzere geht dann als Längsachse auf den Beobachter zu und bekommt den Buchstaben *a*, Naumann nennt sie die Brachydiagonale. Die vollflächigen Kristalle besitzen drei aufeinander senkrechte ungleiche Symmetrieebenen. Es gibt nur drei wesentlich verschiedene einfache Formen, Pyramiden, Prismen und Endflächen. Die Querschnitte der beiden ersteren sind Rhomben, daher der Name des Systems.

Digitized by Google

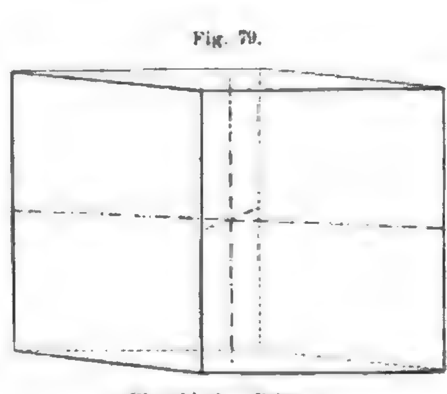
1. **Rhombische Pyramiden**, ihre Flächen schneiden alle drei Achsen und sind ungleichseitige Dreiecke. Eine von ihnen wird als Grundpyramide angenommen (Figur 78) und bekommt das Zeichen *P*, stumpfere sind 1/2 *P*, 1/3 *P*, steilere 2 *P*, 3 *P*; abgeleitete solche, die auch noch die Achse *a* oder *b* in verschiedenem Verhältnis schneiden z. B. $2 P \breve{2}$.

Fig. 78.



Rhombische Pyramide.

Fig. 79.



Rhombisches Prisma.

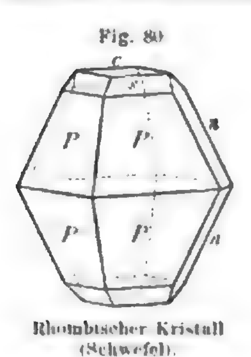
2. **Rhombische Prismen** sind begrenzt von vier einer Achse parallelen Flächen, die sich unter einem von 90° und 120° verschiedenem Winkel schneiden. Je nachdem die Flächen der einen oder andern Achse parallel gehen, bekommen die Prismen verschiedene Namen:

Vertikalprismen sind die, deren Flächen der Vertikalachse parallel gehen (Fig. 79), sie bekommen das Zeichen ∞P, **Querprismen** (Makrodomen) sind die, deren Flächen der Querachse oder Makrodiagonale parallel gehen, z. B. $P \bar{\infty}$, **Längsprismen** (Brachydomen) sind die, deren Flächen der Längsachse oder Brachydiagonale parallel gehen, z. B. $P \breve{\infty}$.

Bei jeder Art können auch solche Prismen auftreten, deren Flächen die beiden anderen Achsen in verschiedenem Verhältnis schneiden, z. B. $\infty P \breve{3}$, $2 P \infty$, $1/2 P \breve{\infty}$, das erstere Zeichen bedeutet, dass die Achse $\breve{a}$ in dreifacher Länge geschnitten wird als von dem Vertikalprisma ∞P, das zweite Zeichen, dass die Vertikalachse in doppelter Länge geschnitten wird als von $P \breve{\infty}$, das letzte, dass sie in der halben Länge geschnitten wird.

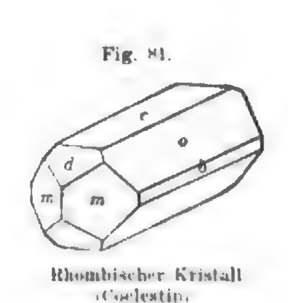
3. Die **Endflächen** (oder Pinakoide) gehen zwei Achsen parallel und sind nur von je zwei Flächen begrenzt; die **Querfläche** (Makropinakoid) geht der Querachse $\bar{b}$ und der Vertikalachse parallel, ihr Zeichen ist $\infty P \bar{\infty}$. die **Längsfläche** (Brachypinakoid) ist der Längsachse $\breve{a}$ und der Vertikalachse parallel, ihr Zeichen ist $\infty P \breve{\infty}$, die Basis geht den beiden horizontalen Achsen *a* und *b* parallel, ihr Zeichen ist $o P$.

Fig. 80



Rhombischer Kristall (Schwefel).

Fig. 81.



Rhombischer Kristall (Coelestin).

Die **Kombinationen** sind mit Leichtigkeit zu entziffern, nachdem man bestimmt hat, welche der drei Achsen Vertikalachse und welche Pyramide Grundpyramide sein soll.

In der Figur 80, die einen Schwefelkristall darstellt, soll *P* die Grundpyramide *P* sein, *s* ist eine stumpfere Pyramide 1/3 *P*, *n* das Brachydoma $P \breve{\infty}$ und *c* die Basis $o P$. In der Figur 81, Coelestin, kann *m* das Vertikalprisma ∞P sein, *b* ist dann das Brachy-

pinakoid $\infty P\breve{\infty}$, *o* das Brachydoma $P\breve{\infty}$, *d* das Makrodoma $\frac{1}{2}P\bar{\infty}$ und *c* die Basis oP. Rhombische Kristalle bietet uns Atacamit (Tafel 14), Antimonglanz (Tafel 23), Schwefel (Tafel 25), Topas (Tafel 46), Aragonit (Tafel 74), Schwerspath und Coelestin (Tafel 76—78).

Monoklines System.

Die Kristalle dieses Systems sind daran zu erkennen, dass nur eine Symmetrieebene durch sie hindurchgelegt werden kann. Von den drei Achsen ist nur eine gegeben, nämlich die, welche zur Symmetrieebene senkrecht ist; man lässt sie als Querachse von links nach rechts gehen und gibt ihr den Buchstaben $\bar{b}$, Naumann nennt sie Orthodiagonale. Die beiden anderen Achsen wählt man so, dass sie in der Symmetrieebene liegen und Kristallkanten parallel gehen, sie schneiden sich schiefwinklig. Die eine wird Vertikalachse und bekommt den Buchstaben $\dot{c}$, die andere ist dann die Längsachse $\grave{a}$ (Klinodiagonale) und wird so gestellt, dass sie von vorn nach hinten aufsteigt, der stumpfe Winkel (β) also vorn und oben liegt. Nachdem man so die Achsen gewählt hat, werden die Flächen nach ihrer Lage zu diesen Achsen bestimmt und benannt.

Pyramiden heissen die Formen, deren Flächen alle drei Achsen schneiden; die Form für sich ist freilich keine Pyramide mehr, da zu zwei Flächen, die etwa vorn und oben liegen, nur noch die zwei parallelen Gegenflächen gehören, nicht aber die hinten liegenden Flächen, sie ist also im ganzen nur von vier Flächen begrenzt, heisst darum auch Hemipyramide. Naumann gibt ihr wieder das Zeichen P und unterscheidet die Flächen, welche oben vorn liegen von denen, die oben hinten liegen durch ein Vorzeichen, die ersteren als $-P$, die anderen als $+P$.

Längsprismen (oder Klinodomen) heissen die Flächen, die der Längsachse $\grave{a}$ parallel gehen und die beiden anderen Achsen schneiden; sie bekommen das Zeichen $P\grave{\infty}$ oder $2P\grave{\infty}$; sie sind im ganzen von vier Flächen begrenzt.

Querprismen (oder Orthodomen) heissen die Flächen, die der Querachse $\bar{b}$ parallel gehen und die beiden anderen schneiden; sie sind nur von einer Fläche und der parallelen Gegenfläche begrenzt und heissen auch Schiefendflächen; die vorderen bekommen das Zeichen $-P\infty$, die hinteren $+P\bar{\infty}$ oder $1/2\,P\infty$, $2\,P\infty$, je nach der Länge, in der sie die Vertikalachse schneiden.

Vertikalprismen heissen die Flächen, die der Vertikalachse parallel gehen und die beiden anderen schneiden, z. B. ∞P.

Die Längsfläche (oder das Klinopinakoid) geht der Längsachse und Vertikalachse parallel, ihr Zeichen ist $\infty P\grave{\infty}$.

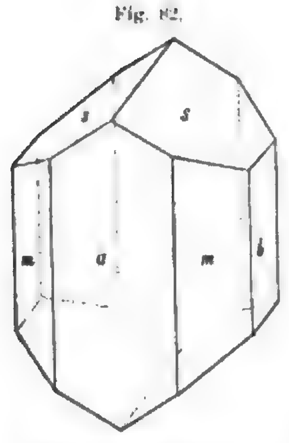
Die Querfläche (oder das Orthopinakoid) geht der Querachse und Vertikalachse parallel, ihr Zeichen ist $\infty P\bar{\infty}$.

Die Basis geht der Quer- und Längsachse parallel, ihr Zeichen ist oP.

Da keine einfache Form für sich den Raum umschliesst, sind alle monoklinen Kristalle Kombinationen, in denen nur das Klinopinakoid immer die gleiche Bedeutung hat (als Symmetrieebene), die Deutung der anderen Flächen wechselt je nach der Aufstellung des Kristalls, die innerhalb der durch die Symmetrie gezogenen Grenzen im ganzen willkürlich ist; für jedes Mineral ist eine bestimmte Aufstellung üblich, ohne dass diese aber allgemein angenommen wäre. Die Figur 82 stellt einen Augitkristall dar, die Vertikalachse *c* soll der Kante zwischen *m* und *b*, die schiefe Achse *a* der Kante zwischen *s/s* parallel sein, dann ist *m* das Vertikalprisma ∞P, *a* das Orthopinakoid, *b* wie immer Klinopinakoid, *s* ein Klinodoma; die Achsen werden aber bei Augit meist so gewählt, dass *s*

Digitized by Google

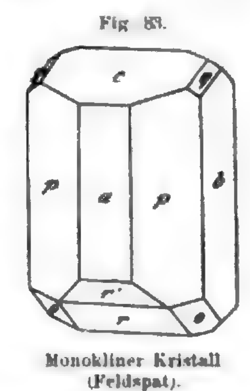
Fig. 82.



Monokliner Kristall (Augit).

alle drei Achsen schneidet, somit eine Hemipyramide wird. Die Figur 83 stellt Feldspat dar (ähnlich dem in Figur 1 auf Tafel 1, jedoch fehlt diesem die Fläche *a*), die Vertikalachse soll der Kante *p*/*b*, die schiefe Achse der Kante *c*/*q* parallel gehen, dann ist *p* Vertikalprisma, *a* Orthopinakoid, *b* Klinopinakoid, *c* die Basis, *q* Klinodoma, *r* und *r'* hintere Schiefendflächen und *o* eine Hemipyramide, die Naumannschen Zeichen sind:

Fig. 83.



Monokliner Kristall (Feldspat).

$a = \infty P \bar{\infty}$, $p = \infty P$, $b = \infty P \grave{\infty}$
$c = 0 P$, $q = 2 P \grave{\infty}$, $r = P \infty$
$r' = 2 P \bar{\infty}$, $o = P$.

Monokline Kristalle lernen wir u. a. bei Feldspat (Tafel 60), Augit (Tafel 65), Hornblende (Tafel 66) und Gips (Tafel 79) kennen.

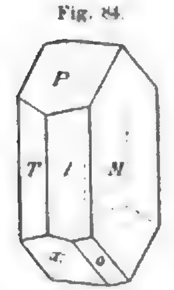
Triklines System.

An den Kristallen dieses Systems schneiden sich alle Flächen und alle Kanten unter schiefen Winkeln; zu je einer Fläche gehört als gleichberechtigt nur die parallele Gegenfläche. Dementsprechend nimmt man drei ungleiche, unter schiefen Winkeln sich schneidende Achsen an. Eine der drei Achsen wählt man zur Vertikalachse *c*, die längere der beiden anderen Achsen lässt man als Querachse $\bar{b}$ (Makrodiagonale) von links nach rechts laufen, die dritte ist die Längsachse *a* (Brachydiagonale). Nach ihrer Lage zu den Achsen bekommen die Flächen ihren Namen:

Pyramiden heissen wieder die Flächen, die alle drei Achsen schneiden, ihre Lage am Kristall wird durch einen Strich im Naumannschen Zeichen angedeutet. P' liegt rechts oben, $'P$ links oben, $P,$ rechts unten, $,P$ links unten.

Vertikalprismen heissen die Flächen, die der Vertikalachse parallel gehen; die rechtsliegende bekommt rechts einen Strich, die linksliegende links $\infty P'$, $\infty' P$.

Fig. 84.



Trikliner Kristall (Feldspat)

Längsprismen, Brachydoma, heissen wieder die Flächen, die der Längsachse parallel gehen ($P \breve{\infty}$).

Querprismen, Makrodoma, die der Querachse parallelen ($P \bar{\infty}$).

Längsfläche, Brachypinakoid, die, welche der Längsachse und Vertikalachse parallel geht ($\infty P \infty$).

Querfläche, Makropinakoid, die, welche der Querachse und Vertikalachse parallel geht ($\infty P \infty$) und

Basis die, welche der Längs- und Querachse parallel geht ($0 P$).

In der Fig. 84 soll die Achse *a* der Kante *P*/*M*, die Achse *b* der Kante zwischen *P* und der hintern breiten Fläche, die Vertikalachse der Kante *T*/*l* parallel gehen, dann ist *T* linkes Vertikalprisma $\infty' P$, *l* rechtes Vertikalprisma $\infty P'$, *M* das Brachypinakoid $\infty P \infty$, *P* die Basis $0 P$, *x* Makrodoma $,P,\infty$ und *o* die Pyramidenfläche $P,$. Zu dem triklinen System gehört u. a. Kupfervitriol (Tafel 14) und Albit (Tafel 61).

Digitized by Google

Wachstumsformen der Kristalle.

Im Vorhergehenden haben wir eine Uebersicht über die wichtigsten Kristallformen zu geben versucht und dabei immer angenommen, dass die gleichberechtigten Flächen alle gleich gross seien und so Idealformen konstruiert, die wir in der Natur kaum antreffen; hier zeigt sich die grösste Mannigfaltigkeit in der Form der gleichen Kristalle und man wird von einem Mineral kaum zwei Kristalle finden, die sich vollkommen gleich wären. Dies liegt an der Art, wie die Kristalle wachsen.

Alle Kristalle sind einmal gewachsen und um so regelmässiger geworden, je gleichmässiger ihnen von allen Seiten Nahrung zugeführt wurde, je langsamer sie sich vergrössert haben und je weniger Hindernisse ihnen entgegengetreten sind. Im günstigsten Fall bildet sich eine ideale Kristallform, in weniger günstigen Fällen durch ungleichmässige Stoffanlagerung an die gleichen Flächen entstehen verzerrte Kristalle (vergl. S. 13) oder es bilden sich Gestalten, die mehr oder weniger unfertig erscheinen, oder zierliche Gebilde, von denen man glauben möchte, dass sie ihre Form Pflanzen entliehen hätten, so wenig zeigen sie die strengen Formen, die wir sonst an Kristallen zu sehen gewohnt sind. Uns allen sind solche Gebilde wohl bekannt in den Eisblumen, die die Winterkälte an die Fenster zaubert und in den Schneesternen, die in leisem Flug zur Erde sinken und durch ihre zierliche Form und mannigfaltigen Bau unsere Bewunderung erregen. Auch unter den Mineralien kommen ähnliche Gebilde vor, die, weil ihre Gestalt oft eine Folge besonderer Vorgänge während des Wachsens ist, als Wachstumsformen bezeichnet werden. Auf Tafel 2 haben wir einige zusammengestellt, andere finden sich in dem Werke zerstreut, besonders bei Gold, Silber und Kupfer.

Figur 1—4 zeigt uns Schwefelkies in verschiedener Ausbildungsweise, ein ideales Oktaeder in Figur 1, einen noch deutlich oktaedrischen Kristall in Figur 2, aber nur seine Spitze ist vollständig ausgebildet, an den Seiten befinden sich Lücken; der Kristall ist wahrscheinlich im Verhältnis zu dem Stoff, der ihm zugeführt wurde, zu schnell gewachsen, für die vorwärts drängende Spitze hat der Stoff gereicht, für die Flächen an der Seite nicht. In erhöhtem Masse zeigt dies der Kristall in Figur 3, die Ecken des Oktaeders sind da, für die Flächen fehlte der Stoff, die vorwärtsdrängende obere Spitze hat gewissermassen einzelne Posten zurückgelassen, das ganze Feld konnte nicht besetzt werden. Ausser den Oktaederflächen treten an den seitlichen Ecken noch kleine Würfelflächen auf (sie sind nicht scharf, im Bild daher nicht deutlich zu erkennen), man könnte fast glauben, weil für sie weniger Stoff nötig war, als für die des Oktaeders. In Figur 4 endlich sehen wir Schwefelkies wie Eisblumen gewachsen, er ist hier zwischen Thonschiefer eingebettet und dies mag dazu beigetragen haben, dass er sich so weitgehend verzweigt hat. Gebilde wie diese werden wohl auch als dendritische bezeichnet (von dendron der Baum).

Besonders zierliche Wachstumsformen zeigt uns Figur 5, Wollastonit, die hier wohl auch deswegen so fein verzweigt sind, weil sie zwischen den Schichtflächen eingebettet sich gebildet haben.

Der in Figur 10 abgebildete Wismutkristall, ein würfelähnliches Rhomboeder, hat ähnlich wie der Schwefelkies die Kanten nahezu lückenlos gebildet, an Stelle der Flächen aber sehen wir kastenförmige Vertiefungen. Was wir bei Schwefelkies nur vermuten konnten, trifft hier zu, die Lücken sind eine Folge des schnellen Wachsens, dieser Kristall ist nämlich kein Mineral, sondern künstlich aus Schmelzfluss schnell zur Kristallisation gebracht worden.

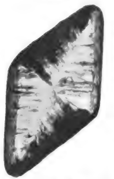
Ebenso kastenförmige Vertiefungen an Stelle der Flächen zeigt der Bergkristall von Poretta bei Bologna in Fig. 8, ob auch wieder als Folge schnellen Wachsens können

wir nicht bestimmt sagen, aber wahrscheinlich dürfte es wohl so sein. Bisweilen kommt es vor, dass die Lücken später durch Kristallsubstanz geschlossen werden und nicht selten wird hierbei etwas von der Flüssigkeit, die den wachsenden Kristall umgeben hatte, eingeschlossen.

Unfertig ist auch der in Figur 9 abgebildete Kristall; um einen violetten Quarz (Amethyst) ist ein farbloser Quarz (Bergkristall) herumgewachsen, die Seiten hat er umhüllt, das obere Ende ist noch frei. Der Amethyst selbst hat noch einmal den Versuch gemacht, weiter zu wachsen und hat auf seine grosse Pyramide eine kleine aufgesetzt. Ob der Kristall, wenn er an seinem Platz im Gebirge geblieben wäre, wohl fertig geworden wäre?

Wir sehen schon hier schalenförmigen Bau, eine farblose Schale umhüllt den violetten Kern; viel ausgeprägter kommt solcher Schalenbau manchmal bei gemeinem Quarz vor, Figur 11 auf Tafel 52 ist ein Beispiel hierfür; auch bei gefärbten Mineralien (Tafel 42, 4, Tafel 47, 3, Tafel 70, 6 und Tafel 76, 2) tritt Schalenbau auf, indem die Schichten verschieden stark gefärbt sind. Er kommt dadurch zustande, dass sich auf den wachsenden Kristall die Schichten parallel zu seinen Flächen ablagern und ihre Eigenschaften sich während des Wachsens ändern, sei es, dass sich die Zusammensetzung ein wenig ändert oder Einschlüsse in manchen Schichten auftreten, in anderen nicht. Die Schichten, die sich so parallel zu einer Fläche ablagern, bilden vereinigt eine Pyramide, deren Basis die äussere Fläche ist und deren Spitze nach der Mitte des Kristalls zu liegt, man nennt sie Anwachspyramide; in Figur 8 auf Tafel 56 sehen wir solche, indem drei farblos, drei aber violett gefärbt sind. In dem nebenstehenden Gipskristall (Figur 85) sind zwei Anwachspyramiden klar, die beiden andern durch Einschlüsse trüb und undurchsichtig.

Fig. 85.



Gips aus Cornwall, mit Anwachspyramiden.

Eine andere Art von Wachstumsform zeigt uns Figur 7 »gestrickter« Bleiglanz von Grube St. Paul bei Welkenraedt in Belgien. Feine Aestchen von Bleiglanz durchdringen sich unter 90° nach allen drei Richtungen, die den Würfelflächen parallel gehen; in den Zwischenräumen sind sie von gelblicher Zinkblende fein überkrustet. Wachstumsformen sind auch die baum-, moos-, draht- und blechförmigen Gebilde, in denen die Metalle Gold, Silber, Kupfer so häufig sich finden; wie wir sehen werden, sind auch in diesen, besonders den Blechen, die Teilchen ganz gesetzmässig miteinander verflochten. Mikroskopisch kleine und feine Wachstumsformen sind in Figur 1 und 2 der Tafel 59 abgebildet, in Figur 1 kleinste nach der Achse aneinander gereihte Oktaederchen von Magneteisen, in Figur 2 Formen, die an Farrenkraut oder Blumenkohl erinnern und die wahrscheinlich dem Mineral Augit angehören.

Allerhand besondere Wachstumsformen und Wachstumsstörungen zeigen uns die auf Tafel 2a zusammengestellten Quarzkrystalle. In regelmässiger Formenausbildung haben wir Quarz in Figur 8 und 9 auf Tafel 1 kennen gelernt, eine sechsseitige Säule mit einer Pyramide; dass deren Flächen verschieden sind und als zwei Rhomboeder aufgefasst werden müssen, werden wir später sehen, hier kommt es nicht darauf an; alle Kristalle der Tafel 2a sind so aufrecht gestellt, wie die beiden der Tafel 1. Der Kristall in Figur 1 der Tafel 2a ist uns schon als Beispiel eines stark verzerrten, nach einer Prismenfläche tafeligen Kristalls entgegengetreten (Seite 13), Figur 2 zeigt uns einen

Digitized by Google

windschief gewundenen Kristall, einen andern in anderer Stellung Figur 12a und b der Tafel 2, sie sind aus vielen Einzelkryställchen aufgebaut, von denen jedes folgende von dem vorhergehenden in seiner Lage etwas abweicht; in Figur 3 ragen die Einzelkriställchen nicht mehr heraus, der Kristall ist in sich geschlossen, aber gleichfalls gewunden, wegen der aufrechten Stellung tritt es nur nicht so deutlich hervor, wie bei dem Kristall der Tafel 2. An jedem der beiden Kristalle tritt eine grosse dreieckige oder trapezförmige Fläche auf, in Figur 2 links, in Figur 3 rechts oben und so ist auch der Sinn der Krümmung bei beiden entgegengesetzt, was man hier freilich nicht deutlich sieht.

Der Kristall in Figur 5 ist um seine Hauptachse schraubenförmig gedreht, also ähnlich denen in Figur 2 und 3, nur sind diese um eine Nebenachse gekrümmt, sie waren dafür aber auch mit dem Ende dieser Nebenachse aufgewachsen, der Kristall 5 mit dem Ende der Hauptachse, alle drei sind demnach um die Achse schraubenförmig gewunden, mit deren Ende sie aufgewachsen waren. Wodurch ist dies nun geschehen? Da diese Kristalle in Hohlräumen frei aufgewachsen vorkommen, kann die Krümmung nicht wohl durch äussere Kräfte bewirkt sein, die kleinsten Teilchen selbst müssen sich in der vom Parallelismus abweichenden Stellung abgelagert haben und man vergleicht wohl die Regelmässigkeit, mit der dies geschehen ist, mit anderen regelmässigen Verwachsungen, die wir als Zwillingsverwachsungen kennen lernen werden.

Sehr merkwürdig ist der Kristall in Figur 4; hat er während seines Wachstums an dem entgegenstehenden Kristall ein Hindernis gefunden und ist umgebogen, wie eine Baumwurzel an einem Stein? oder ist der fertige Kristall durch einen immerwährenden Druck so gebogen? oder hat auf den wachsenden Kristall ein Druck eingewirkt und ist er hierdurch gekrümmt wie ein den herrschenden Winden ausgesetzter Baum? Ich wüsste die Fragen nicht zu entscheiden. Denken wir uns die Form in Wachs nachgebildet, die Säulenflächen horizontal gestreift und allmählich umgebogen, so würden die Streifen auf der innern Seite der Biegungsstelle ebenso dichter gedrängt, auf der äussern Seite weiter gedehnt sein, wie wir es hier sehen.

Einfacher liegt die Sache mit dem Kristall in Figur 7; durch plötzliche und heftige Bewegung im Gebirge, vielleicht bei einem Erdbeben, ist seine Spitze abgebrochen und später, freilich etwas verrutscht, wieder angeheilt, sie sitzt aber wieder fest und verträgt schon einen Stoss; der Quarz hat eine gute »Heilhaut«, wir treffen gar nicht selten abgebrochene Kristalle mit ausgeheilter Bruchfläche. Auch »Wucherungen« und »Neubildungen« kommen an ihm vor, an dem Kristall der Figur 8 hat sich ein jüngerer Quarz angesiedelt, der in Figur 9 ist an seiner Spitze weiter gewachsen, Scepterquarz wird er genannt; wir erinnern an die Umwachsung in Figur 9 auf Tafel 2, und das Kristallskelett in Figur 8 derselben Tafel; hier war die Form immer noch deutlich zu erkennen, von Figur 6 auf Tafel 2a kann man dies nicht mehr sagen, es ist ein Gebilde, das mit einem Kristall schon sehr wenig Aehnlichkeit mehr hat, bis ins innerste Mark erscheint es zerfressen.

Verwachsung von Kristallen derselben Substanz.

Mehrere Kristalle derselben Substanz finden wir oft miteinander verwachsen, entweder ganz unregelmässig als Kristallgruppe, Tafel 79, 5, oder gesetzmässig als Parallelverwachsung oder als Zwilling.

Bei einer Parallelverwachsung sind die gleichen Flächen der einzelnen Kristalle einander parallel, was man daran erkennt, dass sie alle gleichzeitig einspiegeln. Eine Parallelverwachsung von Kalkspat ist z. B. in Figur 6 der Tafel 2 abgebildet; die

aufrecht stehenden Säulen sind nicht nur untereinander parallel, sondern auch mit dem dunklen Kristall, aus dem sie herauszuwachsen scheinen; dies ist nämlich gleichfalls Kalkspat und er ist hier so gestellt, dass seine Hauptachse aufrecht steht, wie die der Säulen, die als jüngere Generation auf ihn aufgewachsen sind, nicht unregelmässig, wie auf beliebiger fremder Unterlage, sondern mit ihm parallel. In Parallelverwachsung sind die Kristalle vereinigt, welche die grosse auf Tafel 77 abgebildete Schwerspatstufe bilden.

Von dem strengen Parallelismus kommen nicht selten Abweichungen vor und dann besonders so, dass die nächsten Teilchen nur sehr wenig abweichen, die folgenden etwas mehr und so fort, sodass die zuletzt angelegten gegen die ersten sehr erheblich schief liegen. Im einzelnen kann hierbei je nach der Form der Kristalle grosse Mannigfaltigkeit herrschen. Ein Beispiel hierfür ist in Figur 11 auf Tafel 2 abgebildet, eine sogenannte Eisenrose vom St. Gotthard, d. i. Eisenglanz, dessen sechsseitige Täfelchen in der angegebenen Weise nicht parallel miteinander verwachsen sind. Durch solche nicht parallele Verwachsungen entstehen die garbenförmigen Kristalle von Desmin (Figur 1 auf Tafel 64), die sattelförmigen von Braunspat (Figur 86) und wohl auch die windschiefen von Quarz.

Zwillinge. Nicht selten trifft man Kristalle an, die aus zwei Einzelkristallen desselben Minerals bestehen, die aber nicht in Parallelverwachsung vereinigt sind, son-

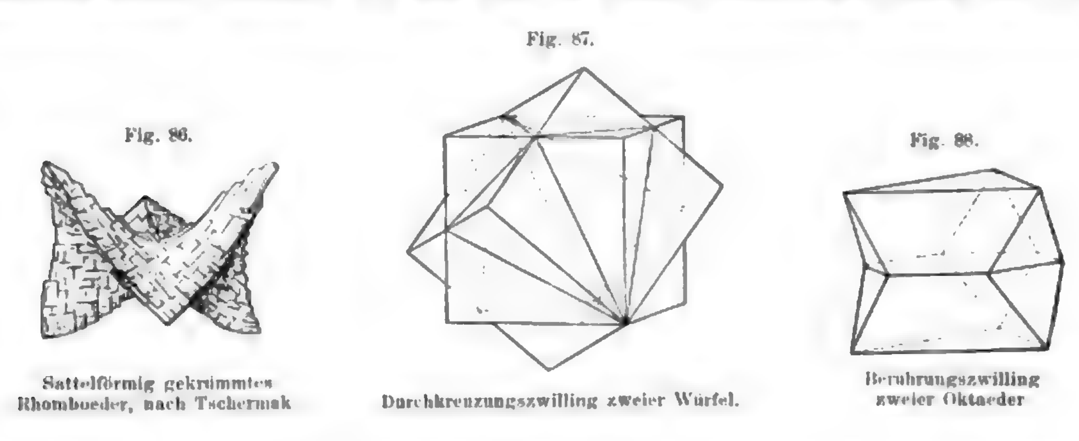


Fig. 86. Sattelförmig gekrümmtes Rhomboeder, nach Tschermak

Fig. 87. Durchkreuzungszwilling zweier Würfel.

Fig. 88. Berührungszwilling zweier Oktaeder

dern entweder so, dass der eine Kristall von dem andern durchwachsen ist oder so, dass an einem scheinbar halben Kristall ein anderer halber angewachsen ist und in beiden Fällen findet man bei näherer Betrachtung, dass die Verwachsung in bestimmter Weise regelmässig erfolgt ist.

In der Figur 87 erkennen wir in dem einen aufrechten Kristall unschwer einen Würfel, durch ihn ist ein zweiter so hindurchgewachsen, dass sie beide in der rechten untern und linken obern Ecke (hinten) zusammenstossen, denken wir uns mit dem Würfel das Oktaeder kombiniert (Figur 25), so würde eine Oktaederfläche an beiden Würfeln zugleich die rechte untere Ecke abstumpfen, beide Würfel hätten diese Oktaederfläche gemeinsam und der eine wäre gegen den andern um die Senkrechte zu dieser Oktaederfläche um 60° oder 180° gedreht, hierin besteht die Gesetzmässigkeit ihrer Verwachsung. In der Figur 88 sehen wir zwei scheinbar halbe reguläre Oktaeder vereinigt, sie sind so gezeichnet, dass sie auf einer ihrer Flächen aufliegen, mit der parallelen zu dieser Oktaederfläche sind sie verwachsen und im Vergleich zu einem einfachen Oktaeder scheint hier die obere Hälfte gegen die untere um 60° oder 180° um die Senkrechte zur obern Oktaederfläche gedreht und hierin besteht die Gesetzmässigkeit ihrer Verwachsung.

Solche gesetzmässige, aber nicht parallele Verwachsungen von Kristallen derselben Substanz werden Zwillinge genannt. Zwei Individuen haben eine Ebene, die

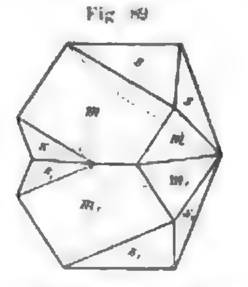
Digitized by Google

Zwillingsebene gemeinsam und sind entweder, wie in dem letzten Beispiel, aneinander gewachsen und heissen dann Berührungszwillinge, oder das eine ist durch das andere hindurchgewachsen, wie in dem ersten Beispiel und heissen dann Durchkreuzungszwillinge; beide besitzen meist einspringende Winkel.

Einen Zwillingskristall kann man von zwei einfachen Kristallen ableiten, wenn man beide zuerst parallel nebeneinander stellt und dann den einen um die zur Zwillingsebene senkrechte Linie, die man Zwillingsachse nennt, um 180° dreht. Man kann sich hierbei leicht davon überzeugen, dass die Zwillingsebene keiner Symmetrieebene parallel gehen darf, weil da nach einer Drehung um 180° die Individuen wieder parallel sind. Die Berührungszwillinge sind meist parallel zur Zwillingsebene stark verkürzt, so dass ein Zwillingskristall nicht aussieht, als ob er aus zwei ganzen, sondern als ob er aus zwei halben Individuen bestände. Durch Holzmodelle wird daher die Zwillingsbildung sehr passend in der Weise erläutert, dass das Modell eines ganzen Kristalls in der Mitte parallel zur Zwillingsebene durchgesägt und um die Zwillingsachse drehbar gemacht wird; durch eine Drehung um 180° erhält man dann aus dem Modell des einfachen Kristalls das Modell seines Zwillings.

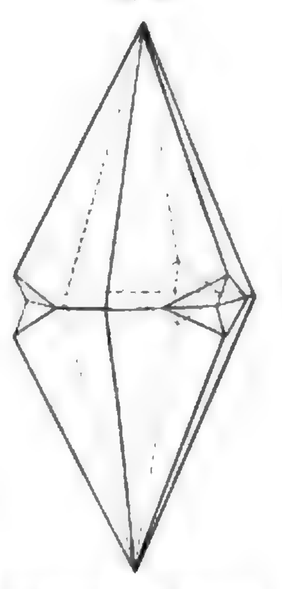
Im regulären System ist die Zwillingsebene meist eine Oktaederfläche; bei dem in Figur 87 abgebildeten Zwilling (von Flussspat) ist die Oktaederfläche, welche an beiden Würfeln zugleich die Ecke abstumpfen würde, die Zwillingsebene, bei dem Oktaeder in Figur 88 die Oktaederfläche, mit welcher beide verwachsen sind. Besonders eigenartig sind diese Zwillinge bei Gold und Silber ausgebildet, indem die Kristalle nach der Zwillingsebene blechartig dünn sind, wir werden Beispiele hierfür später kennen lernen.

Fig. 89



Zwilling eines quadratischen Minerals (Zinnstein) nach einer Pyramide der zweiten Stellung.

Fig. 90.



Zwilling eines Skalenoeders von Kalkspat nach der Basis.

Im quadratischen System ist am häufigsten eine Pyramidenfläche Zwillingsebene, die dann in der Regel als Pyramide zweiter Stellung angenommen wird. Der Kristall in Figur 89 ist von der Pyramide $s = P$ und dem Vertikalprisma $m = \infty P$ begrenzt und die Fläche, mit der beide Individuen verwachsen sind, würde die im Bild obere Kante abstumpfen, es ist also die Pyramide zweiter Stellung $P\infty$. Bei Zinnstein auf Tafel 38 lernen wir solche Zwillinge kennen und ähnliche bei Rutil auf Tafel 39.

Bei den rhomboedrischen Kristallen des hexagonalen Systems ist meist die Basis oder eine Rhomboederfläche Zwillingsebene. Die Figur 90 stellt ein Skalenoeder vor, wie wir es als einfache Form in Figur 69 kennen gelernt haben. Die untere Hälfte ist gegen die obere um 60° (oder 180°) gedreht, Zwillingsebene ist die Basis. Der Kalkspat in Figur 6 auf Tafel 78 ist ein solcher Zwilling und von einem einfachen Skalenoeder dadurch zu unterscheiden, dass in einer Seitenecke von oben und unten gleiche Kanten zusammenstossen und die Seitenkanten in eine Ebene fallen, nicht mehr im Zickzack auf und ab gehen.

Bei Zwillingen rhombischer Kristalle ist meist eine Prismenfläche, seltener eine Pyramidenfläche Zwillingsebene. Der Kristall in Figur 91 ist begrenzt von dem Vertikalprisma $m = \infty P$, dem Brachypinakoid $b = \infty P\infty$ und dem Brachydoma $k = P\infty$, das zweite Individuum ist mit dem ersten so verwachsen, dass es eine Fläche des Vertikal-

Digitized by Google

prismas mit ihm gemeinsam hat und um 180° gegen dasselbe gedreht erscheint. Bei Aragonit (Tafel 74) werden uns solche Zwillinge begegnen.

Bei Zwillingen monokliner Kristalle ist meist das Orthopinakoid, aber auch die Basis oder ein Klinodoma Zwillingsebene. Die einfache Form des Augitzwillings in Figur 92 haben wir bereits in Figur 82 kennen gelernt; im Zwilling sind zwei Individuen so verwachsen, dass sie das Orthopinakoid *a* gemeinsam haben und das eine gegen das andere um 180° gedreht ist.

An triklinen Kristallen kann jede Fläche Zwillingsebene sein, am meisten sind es die, welche als die drei Pinakoide angenommen werden.

Bisweilen wiederholt sich die Zwillingsbildung bald nach derselben Zwillingsebene, dann ist das erste Individuum dem 3. 5. 7., das zweite dem 4. 6. 8. u. s. w. parallel

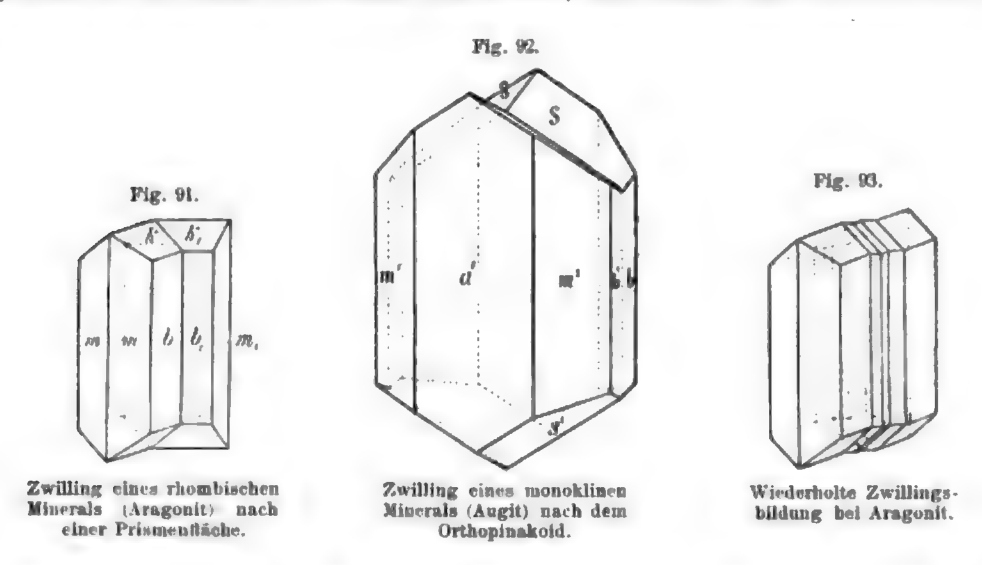


Fig. 91. Zwilling eines rhombischen Minerals (Aragonit) nach einer Prismenfläche.

Fig. 92. Zwilling eines monoklinen Minerals (Augit) nach dem Orthopinakoid.

Fig. 93. Wiederholte Zwillingsbildung bei Aragonit.

und jedes einzelne befindet sich in Zwillingsstellung zu seinen benachbarten; hierbei werden die einzelnen Individuen sehr dünn, lamellenartig. Bei den triklinen Feldspaten und Aragonit ist diese Zwillingsbildung häufig. Die Figur 93 zeigt uns dies an Aragonit; mit dem vordern Individuum ist ein zweites verwachsen wie in Figur 91, aber es ist hier sehr schmal, und nun wiederholt sich die Zwillingsbildung nach derselben Prismenfläche noch dreimal, das letzte (fünfte) Individuum ist dem ersten parallel, die dazwischen gelagerten treten meist nur in feineren Lamellen auf (vergl. Tafel 74, 3 und 4).

In anderen Fällen wiederholt sich die Zwillingsbildung nach verschiedenen, aber unter sich gleich berechtigten Ebenen; z. B. sind die Flächen eines rhombischen Prismas unter sich gleich berechtigt und so gut wie nach der einen, kann auch nach der andern Fläche Zwillingsbildung erfolgen; bei Aragonit ist diese Zwillingsbildung häufig. Da seine Prismenflächen einen Winkel von 116° miteinander bilden und die Lücke zwischen ihnen von Kristallsubstanz ausgefüllt wird, sehen die Zwillingskristalle einem hexagonalen Prisma mit Basis sehr ähnlich (vergl. Figur 5—7 auf Tafel 74), sie ahmen höhere Symmetrie nach als sie wirklich besitzen. Wenn der Winkel sich 120° noch mehr nähert, kann man mit blossem Auge schon recht schwer oder gar nicht mehr erkennen, ob der Kristall rhombisch oder hexagonal sei.

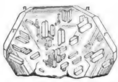
Solche Kristalle, die höher symmetrisch erscheinen, als sie tatsächlich sind, pflegt man als mimetische zu bezeichnen.

Digitized by Google

Verwachsungen von Kristallen verschiedener Mineralien und Einschlüsse in Kristallen.

Einzelne Mineralien findet man manchmal mit anderen gesetzmässig verwachsen, obwohl ihr Stoff ganz verschieden ist. Auf der Basis von Eisenglanz, Fig. 9 auf Taf. 28 und Textfigur 94, liegen Prismen des rötlichen, quadratischen Rutil nach drei Richtungen angeordnet, mit dem blauen triklinen Cyanit (dem grösseren Kristall in Figur 95) ist brauner rhombischer Staurolith (Tafel 51, 1), mit Augit ist Hornblende verwachsen. Ein Beispiel für diese Verwachsung sehen wir im Querschnitt in Figur 3 auf Tafel 67 abgebildet. Der licht gefärbte Augit (im Bilde oben) besitzt Spaltbarkeit nach zwei Richtungen, die sich unter 87° schneiden, die dunkle Hornblende (im Bild unten) besitzt Spaltbarkeit nach zwei Richtungen, die sich unter $124\,{}^1/_2{}^0$ schneiden; beide Mineralien sind monoklin und so miteinander verwachsen, dass sie das Orthopinakoid gemeinsam haben und der Winkel der Spaltflächen durch die gleiche Diagonale in beiden halbiert wird. Das eine Mineral übt hier offenbar auf die sich abscheidenden Teilchen des andern eine Kraft aus, die bewirkt, dass sie sich nach bestimmten Richtungen anlagern.

Fig. 94.

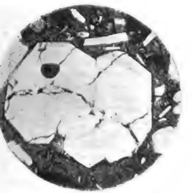


Regelmässige Verwachsung von Rutil (kleine Säulen) und Eisenglanz, nach Tschermak.

Fig. 95.

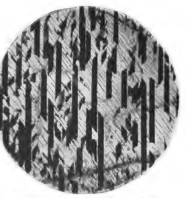
Regelmässige Verwachsung von Staurolith (klein) mit Cyanit, nach Tschermak.

Fig. 96.



Glaseinschluss in Leucit. Lava vom Vesuv. Vergrösserung 45fach.

Fig. 97.



Mineraleinschlüsse (dunkel) in Hypersthen (hell). Vergrösserung 45fach.

Sehr häufig finden sich Einschlüsse von Fremdkörpern in den Kristallen und man sieht sie um so besser, je grösser sie sind und je durchsichtiger die Kristalle; es sind manchmal selbst wieder Mineralien, in anderen Fällen aber auch Glas-, Schlacke-, Flüssigkeits- oder Gaseinschlüsse und sie sind bald regellos im Kristall verteilt, bald

Digitized by Google

gesetzmässig in ihm orientiert. Grünen Strahlstein als Einschluss in klarem Bergkristall sehen wir in Figur 9 auf Tafel 54, Rutilnadeln in Bergkristall in Figur 4 auf Tafel 55, Glaseinschluss in Leucit im Dünnschliff einer Lava in Figur 96. Regelmässig angeordnete Glas- und Schlackeneinschlüsse zeigt uns der Feldspat in Figur 5 auf Tafel 59 und der Leucit in Figur 4 auf Tafel 61a. Flüssigkeitseinschlüsse sind daran zu erkennen, dass sie ein bewegliches Bläschen, eine Libelle, besitzen, die beim Neigen des Kristalls nach oben steigt, Gaseinschlüsse sind meist nur mikroskopisch klein.

Die Einschlüsse haben in mehrfacher Hinsicht Bedeutung, sie verursachen manchmal besondere Farbenerscheinungen, die den einschlussfreien Mineralien nicht zukommen; so bewirken regelmässig eingelagerte dünnste braune Einschlüsse vielleicht von Titaneisen (Figur 97) den kupferartigen Schiller von Hypersthen (Tafel 65, 2), andere das lebhafte Farbenspiel von Labradorfeldspat, den roten Schimmer des Sonnensteins.

Einschlüsse von Glas und Schlacke beweisen, dass die Mineralien sich aus glühend-flüssiger Lava, solche von Flüssigkeit, dass sie sich aus einer Lösung ausgeschieden haben. Einschlüsse von flüssiger Kohlensäure beweisen, dass die Kristalle sich unter starkem Druck gebildet haben. Einschlüsse von Petroleum in Steinsalz (Tafel 70, 6) zeigen, dass bei der Kristallisation von diesem Steinsalz Petroleum zugegen war.

Ausbildung der Kristalle.

Bei der Beschreibung der Kristallformen haben wir stillschweigend vorausgesetzt, dass sie ringsum von Flächen umgeben seien; das ist aber nur möglich, wenn sie sich ringsum frei ausbilden konnten, also in irgend einer nachgiebigen Masse schwebend sich gebildet haben, in einem Gestein eingewachsen (Tafel 47, 13, Tafel 41, 1—6), sich finden. Die meisten aber sind auf irgend einer Unterlage aufgewachsen (Tafel 1, Figur 2, 5, 7), wie alle die, welche auf den Wänden einer Spalte, eines Hohlraumes sich gebildet haben; diese konnten sich natürlich auf der Seite, mit welcher sie festgewachsen waren, nicht mit Flächen umgeben, sie sind daher unvollständig, der Mineraloge zieht sie aber trotzdem den eingewachsenen Kristallen vor, weil ihre Flächen viel glänzender sind und die Winkel mit dem Goniometer besser gemessen werden können. Auch sind die aufgewachsenen Kristalle in der Regel viel flächenreicher als die eingewachsenen. Unregelmässig miteinander verwachsene, eingewachsene Kristalle bilden eine Kristallgruppe (Tafel 79, 4 und 5), auf einer Unterlage festgewachsene Kristalle eine Stufe oder Druse (Tafel 1, Figur 1 und 7, Tafel 23 und Titeltafel mit Rauchtopas).

Drusen, die in grösseren Blasen der Gesteine die Wände der Hohlräume bekleiden, werden Geoden oder Hohldrusen genannt. Geoden in grossem Massstab sind die Kristallkeller, Klüfte und Höhlen, deren Wände mit zahllosen, oft besonders grossen Kristallen bekleidet sind. Bekannt sind solche Kristallkeller in den Alpen, wo sie besonders Bergkristall enthalten; die im Gipsgebirge enthalten Gipskristalle; im Kalkgebirge enthalten die Höhlen Kalkspat in Form von Tropfstein, es sind die bekannten Tropfsteinhöhlen, bewundert wegen der mannigfachen Form der von der Decke zum Boden strebenden Stalaktiten.

Je dichter gedrängt die Kristalle sind, desto mehr behindern sie sich gegenseitig in ihrer Ausbildung und es kommt schliesslich soweit, dass sich gar keine freien Formen mehr bilden, sondern nur Zusammenhäufungen, Aggregate kristallinischer Massen; manche Mineralien neigen in hohem Grade zur Bildung von Aggregaten, andere weniger. Nach der Form der Mineralstückchen, welche ein Aggregat bilden und ihrer Anordnung, werden diese als blättrige (Tafel 41, 8), faserige (Tafel 41, 9), stenglige (Tafel 15, 10),

radialstrahlige (Tafel 22, 5), konzentrisch-schalige (Tafel 13, 6), körnige unterschieden und nach der Grösse als grob, fein oder dicht bezeichnet. Bisweilen vereinigen sich zwei Aggregatformen an demselben Stück, so bei Malachit (Tafel 12, 7), die radialfaserige mit der konzentrisch-schaligen. In der gleichen Weise tritt diese Vereinigung bei Roteisenstein (Tafel 28, 11), Brauneisenstein (Tafel 30, 3) und andern Mineralien auf; dieselben haben dann oft eine rundliche, nieren- oder zapfenförmige Oberfläche (Tafel 13, 5 und Tafel 28, 10), bei Erzen werden solche Aggregate meist Glaskopf genannt und nach der Farbe weiter unterschieden.

Pseudomorphosen.

Oft finden sich Mineralien in Kristallformen, die sie nicht selbst geschaffen haben; das Mineral, das die Form gebaut hat, ist von dem ersetzt, das die Form jetzt ausfüllt, oft vollständig, oft nur an der Oberfläche, sodass im Innern noch Reste des ursprünglichen Minerals vorhanden sind. Solche umgewandelte Kristalle nennt man Pseudomorphosen, sie können sich bilden, wenn im Laufe der Zeit die Verhältnisse andere werden, als bei der Entstehung der Kristalle geherrscht hatten. Der Prozess, der die Umwandlung herbeigeführt, ist meistens ein rein chemischer, durch Lösungen herbeigeführt, die auf den Kristall eingewirkt haben, und von andern gleichen nur dadurch unterschieden, dass er sich innerhalb einer Kristallform abspielt. Die Pseudomorphosen sind darum besonders wichtig, weil wir aus der Form auf das ehemalige Mineral, aus der Substanz auf die Vorgänge schliessen können, welche die chemische Umwandlung herbeigeführt haben. Einige Beispiele mögen dies näher erläutern.

Der in Figur 3 auf Tafel 3 abgebildete Kristall, der Form nach ein reguläres Rhombendodekaeder, besteht aus Malachit, die grüne Farbe deutet es schon an, die chemische Untersuchung würde es bestätigen. Malachit bildet aber, wenn er für sich kristallisiert, nadelförmige monokline Prismen und nicht, wie hier, reguläre Kristalle; bei weitergehender Untersuchung würden wir wahrscheinlich auch finden, dass der Malachit sich nur an der Oberfläche angesiedelt hat, dass die Substanz im Innern rot und durchscheinend ist. Bei dem in Fig. 2 abgebildeten Kristall von demselben Fundort ist dies ganz gewiss der Fall; der Malachit beginnt erst eben an der Oberfläche sich zu bilden und endlich der in Fig. 1 abgebildete ist noch vollständig frisch, es ist ein Kristall von Rotkupfererz, das aus Kupfer und Sauerstoff besteht. In kohlensäurehaltigem Wasser ist diese Verbindung unbeständig, sie nimmt Kohlensäure und Wasser auf und geht in den grünen Malachit über, der Kupfer, Kohlensäure und Wasser enthält; bei dem in Figur 2 abgebildeten Kristall hat die Umwandlung eben begonnen, der folgende ist äusserlich vollständig umgewandelt, von dem in Figur 4 abgebildeten ist nach vollständiger Umwandlung ein Teil seiner Substanz fortgeführt, wenn nicht etwa der Kristall von Anfang an kastenförmig ähnlich dem in Figur 8 auf Tafel 2 gebaut war. Mit dieser Umwandlung ist eine Aufnahme von Kohlensäure, Sauerstoff und Wasser verbunden. Aber nicht immer verläuft die Umwandlung bei demselben Mineral in der gleichen Weise, es kommt dies ganz auf die Lösungen an, mit denen der Kristall in der Erde in Berührung gekommen ist. Enthält die Lösung Bestandteile, die selbst gern Sauerstoff aufnehmen, dann kann es kommen, dass sie diesen dem Mineral entziehen, aus dem Rotkupfererz wird dann gediegen Kupfer; dies ist bei dem in Figur 5 abgebildeten Kristall geschehen, im Innern enthält er noch frisches Rotkupfererz, aussen besteht er aus gediegen Kupfer, es ist eine Pseudomorphose von gediegen Kupfer nach Rotkupfererz. Die in Figur 7 und 8 auf Tafel 3 abgebildeten Kristalle sind reguläre Würfel und bestehen aus Eisenoxyd und Wasser, einer

Verbindung, die für sich niemals reguläre Kristalle bildet. Wer hat nun die Form geschaffen? Die Flächen der Kristalle sind parallel zu einer Kante gestreift und dies führt uns auf die richtige Spur, wir kennen Würfel mit solchen gestreiften Flächen bei Schwefelkies, Figur 6, der aus Eisen und Schwefel besteht. Nun verbindet sich Eisen, wie bekannt, leicht mit dem Sauerstoff der Luft und mit Wasser, es rostet, und dies gilt auch für das Eisen im Schwefelkies, während der Schwefel in andere Verbindungen übergeht und mit dem Wasser, das die Kristalle im Erdinnern immer umgibt, allmählich fortgeführt wird. Wenn wir einen solchen Kristall zerschlagen, finden wir oft im Innern noch frischen Schwefelkies, Figur 9. In diesen Beispielen hat die ursprüngliche Substanz des Kristalls eine chemische Umwandlung erfahren, derart, dass die neu entstandene Substanz noch Stoffe der ursprünglichen (Kupfer oder Eisen) enthält, andere ausgetauscht hat, man nennt daher diese Art von Pseudomorphosen Umwandlungspseudomorphosen.

In andern Fällen hat die neue Substanz mit der ursprünglichen nichts gemein, diese ist nicht umgewandelt, sondern durch eine andere ersetzt, verdrängt worden. Eine solche Reihe sehen wir in den Figuren 10—12 abgebildet, in Figur 10 frischen Kalkspat, in Figur 11 ist dieser mit rotem Eisenoxyd staubförmig überzogen, in Figur 12 durch Eisenoxyd ersetzt. Der Kalkspat wirkt nämlich auf Eisenlösungen fällend, Eisenoxyd schlägt sich aus der Lösung auf ihn nieder, während Teilchen von ihm dafür in Lösung gehen. Im weiteren Verlauf wird der Kalkspat vollständig fortgeführt und Eisenoxyd als Roteisenstein tritt an seine Stelle, oft aber wird das Innere, wie bei dem in Figur 12 abgebildeten Stück, durch Quarz ausgefüllt. Dass das Eisen hier als Oxyd und nicht als Eisenoxydulkarbonat auftritt, wird wohl daran liegen, dass Eisenoxydulsalze leicht oxydiert werden. Enthielt die mit Kalkspat in Berührung gekommene Lösung einen Stoff, der der Oxydation nicht ausgesetzt ist, so kann er sich auch als Karbonat auf dem Kalkspat absetzen, sobald sein Karbonat schwerer löslich ist als das Calciumkarbonat des Kalkspats. Dies ist der Fall für Bitterspat und Zinkspat, beide treffen wir daher in Pseudomorphosen nach Kalkspat. Bitterspat, ein Doppelsalz, das aus Calciumkarbonat und Magnesiumkarbonat besteht, bildet auf den Kristallen oft nur eine dünne Kruste, darunter ist noch Kalkspat vorhanden, oft aber ist dieser durch Bitterspat, in andern Fällen durch Zinkspat völlig verdrängt. Pseudomorphosen, wie die hier beschriebenen, werden daher als Verdrängungspseudomorphosen bezeichnet.

Selten kommen Pseudomorphosen vor, bei denen eine chemische Umwandlung nicht stattgefunden hat, verändert hat sich nur das spezifische Gewicht und der innere Bau des Kristalls, seine chemische Zusammensetzung ist dieselbe geblieben. Eine solche ist auf Tafel 19 in Figur 13 abgebildet. Die Form ist ein rhombisches Prisma mit Pyramide, die Substanz, welche die Form geschaffen hat, ist Titandioxyd TiO_2 und heisst als Mineral Brookit; ihr spezifisches Gewicht ist nahezu = 4. Die Substanz, welche die Form jetzt ausfüllt, ist ebenfalls Titandioxyd, ihr spez. Gewicht ist aber höher (über 4,2) und der Kristall ist nicht mehr einheitlich gebaut, sondern besteht aus unzähligen, nach verschiedenen Richtungen gelagerten prismatischen Kriställchen, die der Oberfläche einen damastartigen Schimmer verleihen. Die Kriställchen gehören dem quadratischen System an und haben alle Eigenschaften des Minerals Rutil; ohne Aenderung der chemischen Zusammensetzung ist der rhombische Brookit in ein feines Aggregat von quadratischem Rutil übergegangen, nur die Anordnung der kleinsten Teilchen hat sich geändert, man sagt, es sei eine molekulare Umlagerung eingetreten. Etwas derartiges kann nur vorkommen bei Substanzen, die mit verschiedenen physikalischen Eigenschaften in verschiedenen Formen auftreten können, Substanzen, die wir später als polymorph kennen lernen werden, ihre Pseudomorphosen werden als Paramorphosen bezeichnet, der in Figur 13 auf Tafel 19 abgebildete Kristall ist eine Paramorphose von Rutil nach Brookit. Eine

ähnliche Umwandlung kommt auch bei Aragonit vor, indem dieser in den ebenso zusammengesetzten Kalkspat übergeht (Tafel 74, 9), bei Tridymit, indem dieser unter Erhaltung seiner Form in Quarz übergeht. Der in Figur 14 auf Tafel 54 abgebildete Kristall hat die Form von Tridymit und dessen Substanz, Kieselsäure SiO_2, hat die Form geschaffen, er besteht aber jetzt aus Quarz, ebenfalls Kieselsäure aber mit anderem spezifischem Gewicht und überhaupt mit andern physikalischen Eigenschaften, es ist eine Paramorphose von Quarz nach Tridymit.

Amorphe Körper.

Die Kristalle beweisen uns durch ihre regelmässige, ebenflächige Begrenzung und die Spaltbarkeit, dass ihre Eigenschaften nach verschiedenen Richtungen verschieden sind und wir können daraus schliessen, dass die kleinsten Teilchen in ihnen regelmässig angeordnet sind. Im Gegensatz hierzu gibt es einige wenige Mineralien, die keine ebenflächige Begrenzung besitzen, und deren innere Eigenschaften nach allen Richtungen gleich sind, die darum auch keine Spaltbarkeit besitzen, sie heissen gestaltlos, amorph. Ein solcher Körper ist z. B. das Fensterglas, unter den Mineralien werden wir Opal als amorph kennen lernen, die äussere Gestalt ist kugelig, traubig, nicht von der Substanz geschaffen, sondern unter dem Einfluss von aussen wirkender Kräfte, besonders der Schwerkraft gebildet, sie hat daher keine besondere Bedeutung. Wir nehmen an, dass die kleinsten Teilchen in ihnen regellos durcheinander liegen.

Die physikalischen Eigenschaften der Mineralien.

Von den physikalischen Eigenschaften der Kristalle ist uns die Härte und Spaltbarkeit schon bei der ersten Betrachtung aufgefallen.

Unter Härte verstehen wir den Widerstand, den ein Mineral einer eindringenden Spitze entgegensetzt, von zwei Körpern ist der der härtere, der den andern ritzt. Versucht man mit einem harten Gegenstand, z. B. einem Messer, verschiedene Mineralien zu ritzen, so wird man finden, dass die Spitze in manche leicht, in andere schwer und in wieder andere gar nicht eindringt, dass also die Mineralien verschieden hart sind. Um den Grad der Härte ungefähr angeben zu können, hat man folgende Reihe von Mineralien (die Härteskala) zusammengestellt, von denen das folgende immer härter als das vorhergehende ist:

1. Talk, 2. Gips, 3. Kalkspat, 4. Flussspat, 5. Apatit, 6. Feldspat, 7. Quarz, 8. Topas, 9. Korund, 10. Diamant.

Hiermit kann man die Härte eines Minerals leicht bestimmen, indem man es an einer glatten Stelle mit den Gliedern der Skala zu ritzen versucht. Das härtere ritzt immer das weichere, gleich harte Mineralien ritzen sich gegenseitig nicht oder nur wenig. Ein Mineral hat entweder dieselbe Härte wie ein Glied der Skala (z. B. Granat $H = 7$), oder ist weicher als das eine und härter als das andere (z. B. Steinsalz $H = 2^1/_2$). Die Härte wird abgekürzt H geschrieben, der Grad, wie in diesen Beispielen durch die Nummer in der Skala angegeben. $H = 7$ heisst also, das Mineral ist so hart wie Quarz. Mineralien bis Härte 2 werden vom Fingernagel leicht geritzt und fühlen sich fettig an

(besonders 1); Fensterglas ist so hart wie Apatit und kann an dessen Stelle benutzt werden, die Mineralien, deren Härte bis 6 geht, werden von einem guten Messer geritzt.

Die Härte eines Minerals ist nicht immer auf jeder Fläche und in jeder Richtung die gleiche, aber in der Regel sind die Unterschiede, die übrigens nur bei solchen Mineralien auftreten, welche deutliche Spaltbarkeit besitzen, so gering, dass sie ohne besondere Untersuchung nicht wahrgenommen werden, bei manchen freilich auch recht beträchtlich. So kann man z. B. ein Kalkspatspaltungsstück mit Kalkspat ritzen, wenn man von einer Seitenecke nach der Polecke hinführt (in der Figur 8 auf Tafel 73 von unten nach oben), nicht aber in der entgegengesetzten Richtung, bei dem Mineral Cyanit schwankt die Härte zwischen $4^1/_2$ und 7 auf verschiedenen Flächen.

Der Abstand in der Härte ist bei Mineralien der Skala sehr ungleichmässig. Wenn die Härte von Korund = 1000 gesetzt wird, so ist die von Diamant = 140 000, von Topas = 175, von Quarz = 120, von Feldspat = 37, von Apatit = $6^1/_2$, von Flussspat = 5, von Kalkspat = $4^1/_2$, von Gips = $1^1/_4$, von Talk = $^1/_{33}$.

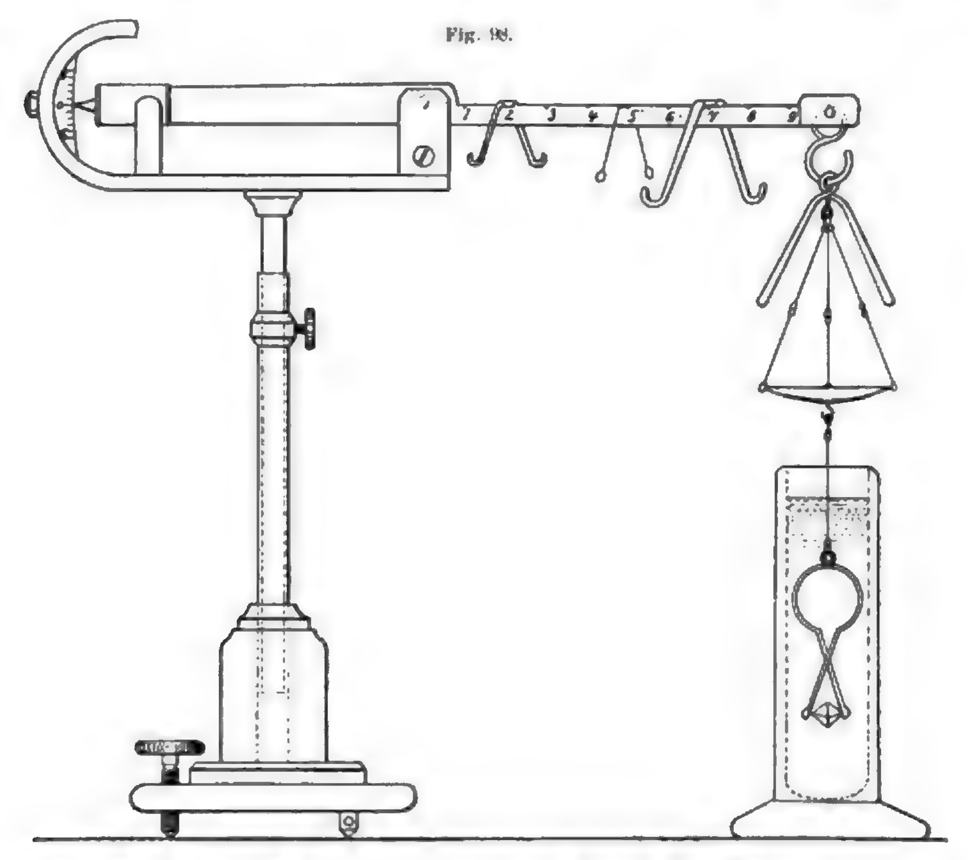
Spaltbarkeit. Viele Mineralien lassen sich nach einer oder mehreren Richtungen leichter trennen als nach anderen, man nennt die Eigenschaft Spaltbarkeit, die Trennungsfläche, die immer einer möglichen Kristallfläche parallel geht, Spaltfläche, ein nur von Spaltflächen begrenztes Stück Spaltungsstück. Die Spaltflächen können mit verschiedener Leichtigkeit hervorgerufen werden. Vollkommene Spaltbarkeit besitzt Glimmer, es lassen sich leicht die dünnsten Blättchen von ihm abspalten und solche werden vielfach an Ofentüren, zu Lampenzylinder und anderen Dingen benutzt. Steinsalz und Kalkspat spalten so leicht nach drei Richtungen, dass sie beim Zerschlagen immer in Spaltungsstücke zerspringen, Steinsalz in kleine Würfelchen (Textfigur 3), Kalkspat in Rhomboeder (Figur 8 auf Tafel 73). Auch Flussspat und Zinkblende besitzen noch recht gute Spaltbarkeit, jener nach den vier Richtungen des Oktaeders (Figur 6 auf Tafel 1), diese nach den sechs Richtungen des Rhombendodekaeders (Figur 9 auf Tafel 20). Andere Mineralien haben weniger deutliche Spaltbarkeit, manche, wie Quarz, lassen überhaupt kaum Spuren erkennen. Die Spaltbarkeit beobachtet man am besten an Bruchstellen, an ganzen Kristallen ist sie manchmal durch Risse oder Perlmutterglanz angedeutet.

Die Bruchfläche, die beim Zerschlagen von wenig oder nicht spaltbaren Mineralien entsteht, wird nach ihrer Beschaffenheit als muschliger, splittriger, unebener Bruch bezeichnet.

Spezifisches Gewicht. Das spezifische Gewicht eines Körpers gibt an, wievielmal dieser schwerer ist als ein gleich grosses Volumen Wasser; zur Bestimmung muss man also das Gewicht des Körpers und sein Volumen kennen. Das Gewicht ermittelt man durch Wägung, die Bestimmung des Volumens gründet sich darauf, dass ein Körper in Wasser getaucht, ein seinem Volumen gleiches Volumen Wasser verdrängt, oder dass er in Wasser getaucht, soviel an Gewicht verliert, als das Volumen Wasser, welches er verdrängt, wiegt. Hiernach hat man zwei Methoden, das spez. Gewicht eines Körpers zu bestimmen, entweder misst oder wiegt man das Volumen des verdrängten Wassers oder man ermittelt den Gewichtsverlust, den der Kristall im Wasser erleidet. Hieraus und aus dem absoluten Gewicht des Körpers findet man sein spezifisches Gewicht, indem man das absolute Gewicht durch den Gewichtsverlust dividiert. Von den verschiedenen Methoden wollen wir diese letzte hier kennen lernen, da sie einfach ist und sich bei nicht zu kleinen und nicht zu grossen Stücken gut bewährt hat; am geeignetsten sind Stücke von etwa 0,2—2,0 g. Zur Bestimmung dient eine Westphalsche Wage, Figur 98, an dem freien Ende des Wagbalkens wird ein Schälchen aufgehängt, darunter an einem feinen Draht eine Klammer, die in Wasser taucht. Mit den als Gewichte beigegebenen Reitern wird nun die Wage ins Gleichgewicht gebracht und diese Zahl ein für allemal notiert, die Klammer taucht dabei in Wasser. Hierauf wird das

Mineral auf die Wagschale aufgelegt und die Wage durch die Reiter wieder ins Gleichgewicht gebracht, die Zahl notiert; die Differenz beider Zahlen ist das Gewicht des Minerals, ausgedrückt nach dem Reitergewicht. Darauf wird das Mineral in die Klammer gezwängt (es darf hierbei nichts abbrechen, andernfalls muss die Wägung wiederholt

Fig. 98.



Wage zur Bestimmung des spezifischen Gewichts kleiner Kristalle Von G. Westphal in Celle.

werden), mit dieser in das Wasser eingetaucht und die Wage wieder ins Gleichgewicht gebracht, die Zahl notiert. Die Differenz zwischen dieser und der zweiten Zahl ist der Gewichtsverlust, und das aus der ersten Differenz erhaltene Gewicht dividiert durch den Gewichtsverlust gibt das spezifische Gewicht des Minerals, ein Beispiel wird dies gleich zeigen.

Die Reiter sind dreierlei Art, der eine bedeutet die Einheit, der andere $^1/_{10}$, der dritte $^1/_{100}$ hiervon; wenn sie aber nicht in dem äussersten Haken hängen, sondern auf dem Balken reiten, bedeutet der erste $^1/_{10}$, der zweite $^1/_{100}$, der dritte $^1/_{1000}$. In der obigen Abbildung ist das Gleichgewicht mit 1,725 Reitergewicht eingestellt.

Es soll nun das spezifische Gewicht von dem auf Tafel 43 in Figur 16 abgebildeten, geschliffenen braunen Zirkon bestimmt werden. Die Klammer taucht in Wasser, und um die Wage ins Gleichgewicht zu bringen, habe ich als Tara 2,425 Reitergewicht anzuhängen, darauf lege ich den Stein auf das Schälchen und bringe sie mit 1,614 Reitergewicht ins Gleichgewicht, klemme den Stein in die Klammer, tauche ihn mit dieser ins Wasser und bringe die Wage mit 1,786 wieder ins Gleichgewicht; ich habe also:

1. Tara ohne Stein	2,425
2. Tara mit Stein auf der Wagschale	1,614
Gewicht des Steins	0,811

Digitized by Google

3. Tara mit Stein in Wasser 1,786
hiervon ab Gewicht 2 1,614
Gewichtsverlust in Wasser . . . 0,172

$$\frac{\text{Gewicht}}{\text{Gewichtsverlust}} = \frac{0{,}811}{0{,}172} = 4{,}71$$ ist das spezifische Gewicht dieses Zirkons.

Sehr bequem zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes, besonders von kleinen Körpern, sind Flüssigkeiten, die schwerer sind als der Körper, dessen spezifisches Gewicht bestimmt werden soll, und die durch ein Verdünnungsmittel beliebig leichter gemacht werden können. Die Methode gründet sich auf die bekannte Tatsache, dass ein Körper, der leichter ist als eine Flüssigkeit, auf dieser schwimmt wie Holz auf Wasser, dass aber ein Körper, der genau das gleiche spezifische Gewicht hat wie eine Flüssigkeit, in dieser schwebt, weder nach unten sinkt, noch nach oben auftreibt. Von den verschiedenen schweren Flüssigkeiten nenne ich hier Methylenjodid, das bei Zimmertemperatur ein spezifisches Gewicht von 3,33 besitzt und durch Beimischung von Benzol auf jedes beliebige geringere spezifische Gewicht bis herunter zu 1 gebracht werden kann. Soll nun das spezifische Gewicht eines Minerals bestimmt werden, so werfe ich einen kleinen Splitter hinein; sinkt er unter, so kann ich sein spezifisches Gewicht nach dieser Methode nicht bestimmen, wohl aber mit der Westphalschen Wage. Wenn er dagegen schwimmt, wird dem Methylenjodid unter fortwährendem Umrühren Benzol zugesetzt, bis das Mineral an jeder Stelle der Flüssigkeit schwebt, das Mineral hat dann genau dasselbe spezifische Gewicht wie die Flüssigkeit. Das spezifische Gewicht der Flüssigkeit wird mit der Westphalschen Wage bestimmt, nachdem die Wagschale durch einen beigegebenen Senker ersetzt ist. Oft kommt es gar nicht darauf an, das spezifische Gewicht zu bestimmen, sondern nur festzustellen, ob ein Mineral schwerer oder leichter als ein anderes ist. Dann wirft man es in eine Mischung von Methylenjodid und Benzol, deren spezifisches Gewicht bekannt ist, und sieht zu, ob es untersinkt, schwebt oder schwimmt. Zum Beispiel möchte ich wissen, ob ein farbloser geschliffener Stein Edeltopas oder Bergkristall sei; Topas hat ein spezifisches Gewicht von 3,53, Bergkristall von 2,65; ich brauche also Methylenjodid gar nicht zu verdünnen, Topas sinkt unter, Bergkristall schwimmt. Oder ich soll feststellen, ob ein kleiner Mineralsplitter Kalkspat oder Aragonit sei; beide Mineralien haben die gleiche Zusammensetzung, das spezifische Gewicht aber ist verschieden und beträgt für Kalkspat 2,7, für Aragonit 2,9. Ich bringe sie in eine Mischung von Methylenjodid und Benzol, die ungefähr das spezifische Gewicht 2,8 hat, Aragonit sinkt unter, Kalkspat schwimmt. Zu dieser Probe hält man sich Mischungen von verschiedenem spezifischem Gewicht bereit und kann mit ihr oft in kürzester Zeit zum Ziel kommen. Für mittelschwere Mineralien ist auch Bromoform sehr geeignet, das ein spez. Gew. von 2,8 hat. Man wird diese Methode dann anwenden, wenn man das Mineral schon nach andern Eigenschaften soweit bestimmt hat, dass es nur noch mit diesem oder jenem verwechselt werden könnte.

Das spezifische Gewicht hat für ein frisches und reines Mineral immer den gleichen Wert; es ist für das Mineral eine charakteristische Eigenschaft und kann oft dazu dienen, ein Mineral von einem ähnlichen zu unterscheiden.

Die optischen Eigenschaften.

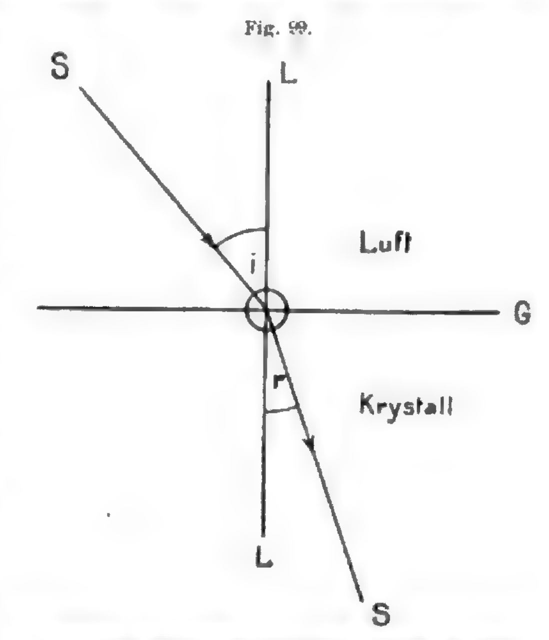
Sehr wichtig ist das Verhalten der Kristalle in bezug auf das Licht, wir wollen hier auf einiges nur kurz hinweisen, auf anderes kommen wir bei den Mineralien selbst zu sprechen; wer sich genauer über diese Dinge unterrichten will, findet das Nötige in den Lehrbüchern der Mineralogie und in der physikalischen Kristallographie von P. Groth und Th. Liebisch.

Die Mineralien sind in allen Graden durchsichtig, manche vollkommen klar, die meisten trüb, einzelne farblos, viele farbig oder gefärbt. Die **Farbe** ist bald der Substanz eigentümlich und dann eine wesentliche Eigenschaft des Minerals, bald ist sie nur zufällig, unwesentlich, oft aber auch dann noch recht charakteristisch. Eigene Farbe besitzen die gediegenen Metalle (Gold), einzelne nicht metallische Elemente (Schwefel), die Mineralien mit metallischem Glanz (Schwefelkies) und viele Mineralien, die ein bestimmtes Metall enthalten (Malachit); freilich ist die Farbe manchmal durch eine Anlauffarbe verdeckt (Silber), auf frischem Bruch aber immer zu sehen. Die Mineralien ohne eigene Farbe verdanken ihre Farbe irgend einer fremden Substanz, die entweder sichtbar ist, wie die Täfelchen, welche Hypersthen braun färben (Figur 97 bei Einschlüssen Seite 43) oder die körperlich nicht sichtbar ist; der Farbstoff ist dann im Kristall fein verteilt, wie ein gelöster Stoff in seinem Lösungsmittel, man nennt die Färbung dilut. Die Farben können da recht mannigfaltig sein, wie wir unter anderen bei Flussspat auf Tafel 71 sehen. Oft hat das Pulver eines Minerals eine andere Farbe als das unverletzte Mineral; um die Farbe gut zu erkennen und das Mineral selbst möglichst zu schonen, erzeugt man das Pulver, indem man mit dem Mineral über eine matte Porzellantafel hinstreicht; daher bezeichnet man die Farbe dieses Pulvers als **Strich**. So ist der Strich von Schwefelkies schwarz, das Mineral selbst aber metallischgelb. Alle durch fremde Substanz gefärbte Mineralien haben weissen oder grauen Strich, die von Natur farbigen haben farbigen Strich.

Der **Glanz** eines Minerals wird mit dem bekannter Gegenstände verglichen und nach ihm unterschieden als Metall-, Glas-, Perlmutter-, Seiden- oder Fettglanz.

Lichtbrechung. Ein schief in Wasser gehaltener Stab erscheint im Wasser gebrochen, weil das aus der Luft schief in das Wasser eindringende Licht von seinem Weg abgelenkt, gebrochen wird, nur wenn es senkrecht zur Wasserfläche auffällt, wird es nicht gebrochen. Eine solche Brechung erfährt das Licht in jedem Körper, der dichter ist als die umgebende Luft, das Licht wird, wie man sagt, zum Einfallslot hingebrochen und bei derselben Substanz um so stärker, unter je grösserem Winkel es einfällt. Nennt man den Winkel, der das aus der Luft einfallende Licht mit dem Einfallslot LL bildet, den Einfallswinkel i (Figur 99) und den Winkel, den das gebrochene Licht hiermit bildet, den Brechungswinkel r, so hängt bei derselben Substanz die Grösse des letzteren von der des ersteren ab, das Verhältnis von $\frac{\sin i}{\sin r}$ ist ein konstantes und man nennt es das Brechungsverhältnis der Substanz, die Zahl, welche es ausdrückt, den **Brechungsexponenten**. Für den Uebergang des Lichtes aus der Luft in irgend einen Kristall ist der Brechungsexponent grösser als 1 und hat einen für den Kristall immer gleichen Wert. Nun ist es bekannt, dass wenn Tageslicht durch ein Prisma fällt, ein farbiger Streifen, ein Spektrum, erzeugt wird: dies erklärt sich daraus, dass das weisse Licht aus verschiedenen Lichtarten zusammengesetzt ist und diese verschieden stark gebrochen werden, die roten schwächer als die gelben, grünen oder blauen, darum ist auch der Brechungsexponent für rotes

Fig. 99.



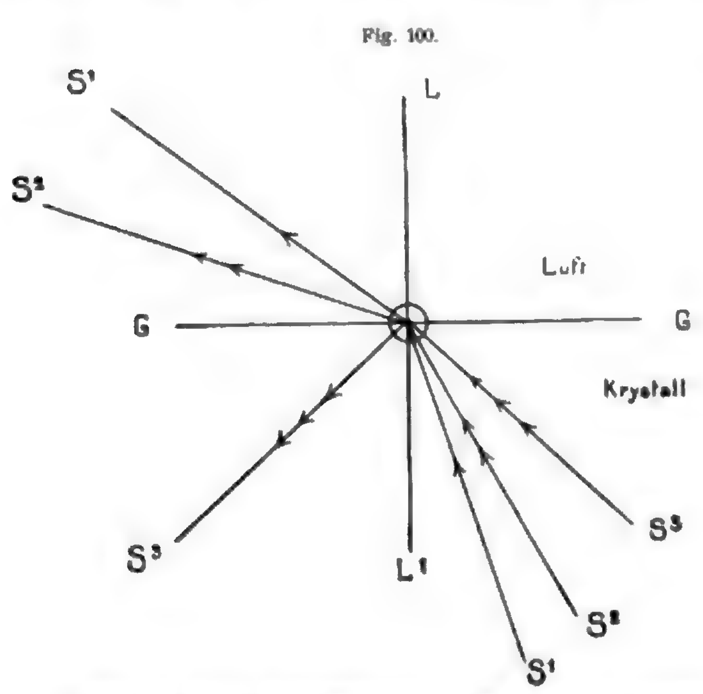
Brechung des Lichtes bei Uebergang aus der Luft in einen Kristall.

Digitized by Google

Licht ein anderer und kleiner als für gelbes, grünes oder blaues Licht, und wenn sein Wert genau bestimmt und angegeben werden soll, muss dies für die einzelnen Farben besonders geschehen; wir werden bei Diamant und einigen anderen Mineralien Brechungsexponenten für verschiedene Farben angeben. Diese Zerstreuung des weissen Lichtes in seine Bestandteile durch Brechung nennt man die Dispersion; sie ist bei Diamant besonders stark und erzeugt das lebhafte Farbenspiel, an dem das Auge sich ergötzt.

Das Licht, welches aus der Luft auf einen durchsichtigen Kristall auffällt, kann immer in ihn eindringen, das Licht aber, welches aus dem Innern eines Kristalls auf seine Grenzfläche gegen die Luft auffällt, kann nicht immer in die Luft austreten. Ebenso nämlich, wie das Licht bei dem Eintritt in den Kristall zum Einfallslot hin gebrochen wird, wird es bei dem Austritt vom Einfallslot weggebrochen (in Figur 100 die mit einem und mit zwei Pfeilen bezeichneten Strahlen) und bei derselben Substanz wieder um so stärker, je schiefer das Licht S_2 im Kristall auf die Grenzfläche auffällt, bis es schliesslich bei einem Strahl so stark weggebrochen wird, dass der Winkel, den der austretende Strahl mit dem Lot bildet, 90° erreicht; dieser Strahl würde in der Figur 100 im Kristall zwischen S_2 und S_3 liegen und nach G abgelenkt werden, also in die Grenzfläche fallen. Die Strahlen, die noch schiefer auf die Grenzfläche auffallen (S_3), werden in das Innere des Kristalls vollständig zurückgeworfen, total reflektiert. Die Stelle, an der Totalreflexion eintritt, erscheint immer hell und glänzend wie Silber, darum werden Einschlüsse in Quarz, an denen Totalreflexion eintritt, leicht für Silber gehalten, während die genaue Untersuchung ergibt, dass sie Chlorit oder einem andern nicht metallischen Mineral angehören. Auch bei den Edelsteinen spielt die Totalreflexion eine Rolle, wir kommen bei ihnen noch einmal darauf zurück.

Fig. 100.



Brechung des Lichtes bei Uebergang aus einem Kristall in die Luft
Totalreflexion im Kristall.

Doppelbrechung. Wenn man durch ein Spaltungsstück von klarem Kalkspat gegen Schrift oder Linien hindurchsieht (Tafel 3a), so erscheinen diese doppelt, weil der Kalkspat die Eigenschaft besitzt, jeden Lichtstrahl, der durch eine Spaltungsfläche in ihn eindringt, in zwei Strahlen zu zerlegen. Sehe ich von oben möglichst senkrecht auf eine Fläche des Spaltungsstücks gegen einen Punkt darunter, so sehe ich diesen ebenfalls doppelt, wie z. B. in unserer Abbildung den Punkt hinter »Kalkspat«. Drehe ich nun das Spaltungsstück herum, aber so, dass es immer auf dem Papier liegen bleibt, so bleibt der eine Punkt unverändert an seiner Stelle, der andere bewegt sich mit dem Spaltungsstück herum und ich erkenne daraus, dass der eine Strahl nicht abgelenkt wird, der andere aber auch bei senkrecht einfallendem Licht eine Ablenkung erfährt, der erstere heisst daher ordentlicher Strahl o, der andere ausserordentlicher oder extraordinärer Strahl e. Da beide verschieden stark gebrochen werden, besitzt jeder einen besondern Brechungs-

Digitized by Google

exponenten. Wegen der starken und leicht wahrnehmbaren Doppelbrechung wird klarer Kalkspat auch Doppelspat genannt. Die Doppelbrechung ist an ihm schon im Jahre 1670 von Erasmus Bartholin entdeckt, ihre grosse Bedeutung aber erst später erkannt worden. Es hat sich nämlich herausgestellt, dass alle Kristalle mit Ausnahme von denen, die dem regulären System angehören, doppeltbrechend sind, nur die meisten so schwach, dass es nicht ohne weiteres wahrgenommen werden kann. Aber nicht in allen Richtungen tritt bei ihnen Doppelbrechung ein; wenn ich an ein Spaltungsstück von Kalkspat die Basis anschleife und senkrecht zu ihr, also in der Richtung der Hauptachse, hindurch sehe, so werde ich einen Punkt oder Strich nur einfach, nicht doppelt sehen. Diese Richtung in einem doppeltbrechenden Kristall, in dem das Licht nicht doppelt gebrochen wird, wird optische Achse genannt. Die Kristalle, welche dem quadratischen und hexagonalen System angehören, besitzen eine solche Richtung, eine optische Achse und sie fällt mit der Richtung der Hauptachse zusammen, wir haben also hier eine ganz enge Beziehung zwischen der Form und den optischen Eigenschaften der Kristalle derart, dass die, welche eine kristallographische Hauptachse besitzen, auch eine optische Achse besitzen und die Richtungen beider zusammenfallen; solche Kristalle werden optisch einachsig genannt. Die Kristalle der anderen Systeme besitzen zwei Richtungen, in denen das Licht nicht doppelt gebrochen wird, zwei optische Achsen, sie sind optisch zweiachsig. Die Ebene, welche durch die beiden optischen Achsen gelegt werden kann, ist parallel einer der drei Symmetrieebenen in den rhombischen Kristallen, parallel oder senkrecht zu der einzigen Symmetrieebene in den monoklinen Kristallen und sie hat eine ganz beliebige Lage in den triklinen Kristallen, die gar keine Symmetrieebene besitzen, also auch hier besteht eine enge Beziehung zwischen der Form und den optischen Eigenschaften. Aber wie hat man dies alles gefunden?

Erkennung der Doppelbrechung.

Mit blossem Auge kann man die Doppelbrechung ausser in Kalkspat nur in sehr wenigen Mineralien wahrnehmen, weil entweder die Doppelbrechung zu schwach ist oder die Mineralien zu trüb sind, sehr leicht ist dies aber mit Hilfe von besonderen Apparaten möglich, durch die das gewöhnliche Licht in solches mit anderen Eigenschaften umgeändert wird. Das Licht, welches von einer glänzenden, nichtmetallischen Fläche (einer schwarz lackierten Tischplatte oder einer auf der Rückseite geschwärzten Glasplatte) zurückgeworfen wird, hat andere Eigenschaften als vorher; mit unserm Auge können wir die Veränderung nicht bemerken, sie ergibt sich aber daraus, dass das zurückgeworfene Licht von einer zweiten ebenso spiegelnden Fläche nicht in der gleichen Weise zurückgeworfen wird, namentlich dann nicht, wenn die Reflexionsebenen beider senkrecht zueinander stehen. Man erklärt dies in folgender Weise: Das Licht wird durch sehr schnell aufeinander folgende Schwingungen des unwägbaren Aethers erzeugt, die senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung des Strahles stattfinden; bei dem gewöhnlichen Licht erfolgen diese Schwingungen in allen möglichen, zur Fortpflanzungsrichtung senkrechten Ebenen, bei dem von einer spiegelnden (nichtmetallischen) Fläche zurückgeworfenen Licht aber nur in einer einzigen, zur Fortpflanzungsrichtung senkrechten Ebene, die seine Schwingungsebene genannt wird.

Das in dieser Weise veränderte Licht nennt man polarisiert, die Vorrichtung, durch welche die Veränderung erzeugt wird, einen Polarisator. Eine solche Vorrichtung genügt aber noch nicht, um Doppelbrechung zu erkennen, es muss mit der einen eine zweite, gleich wirkende verbunden werden. Die Beobachtung mit zwei in der richtigen Weise hintereinander angebrachten Spiegeln ist nun recht unbequem, man ersetzt daher den zweiten oder auch beide Spiegel durch eine andere bequeme Vorrichtung, welche in gleicher Weise das

Digitized by Google

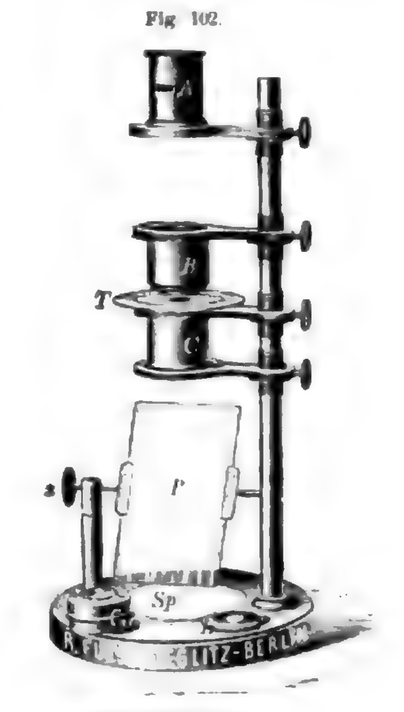
Licht polarisiert. Diese Vorrichtung wird meist aus Doppelspat hergestellt. Die Strahlen nämlich, die in Kalkspat durch Doppelbrechung entstehen, sind beide polarisiert, es kommt nur darauf an, den einen von dem andern zu trennen, denn wenn sie sich bei ihrem Austritt wieder vereinigen, wird aus dem polarisierten Licht wieder gewöhnliches. Um die dauernde Trennung beider Strahlen zu erreichen, wird ein Spaltungsstück von Kalkspat (Figur 101) durchgeschnitten und die polierten Schnittflächen mit einem passenden Kitt wieder zusammengeklebt; der Kitt wird so gewählt, dass an ihm der eine der beiden Strahlen vollständig zurückgeworfen (total reflektiert) wird. Ein solcher Kalkspat wird nach seinem Erfinder **Nicolsches Prisma** genannt. Das Licht *L* fällt also durch die eine Fläche ein und ein Strahl wird in zwei Strahlen gebrochen, der eine *o* stärker als der andere *e*; durch den Kitt kann nur der schwächer gebrochene Strahl *e* hindurch, der andere wird zur Seite geworfen und in einer schwarzen Fassung vernichtet, der hindurchgegangene *E* ist polarisiert, die Lichtschwingungen erfolgen nur in einer Ebene, die durch die kurze Diagonale der Spaltungsfläche geht. Entweder wird nun ein solches Nicolsches Prisma mit einem Spiegel vereinigt oder zwei solcher Nicolschen Prismen werden miteinander, in Röhren gefasst, verbunden; ein aus zwei derartigen polarisierenden Vorrichtungen bestehender Apparat heisst ein **Polarisations-Apparat**.

Fig. 101.

Nicolsches Prisma.

Ein einfacher Polarisationsapparat ist in Figur 102 abgebildet. Das Licht, das von dem Spiegel *Sp* kommt, wird durch die Glasplatte *P* polarisiert, das zu untersuchende Mineral findet auf dem drehbaren Tisch *T* seinen Platz, die zweite polarisierende Vorrichtung, ein Nicolsches Prisma, befindet sich in der Hülse *A*. Die Schwingungsebenen der beiden polarisierenden Vorrichtungen werden zweckmässig durch ein Fadenkreuz im Instrument markiert, das man beim Hineinblicken deutlich sieht; der eine Arm geht der Schwingungsrichtung der ersten, der dazu senkrechte andere Arm der der zweiten Vorrichtung parallel. Auch das später abgebildete Mikroskop enthält einen vollständigen Polarisationsapparat.

Fig. 102.



Polarisationsapparat.

Beobachtungen im Polarisationsapparat.

Einen Polarisationsapparat benutzt man in der Regel so, dass das Gesichtsfeld dunkel ist; das durch den unteren Polarisator polarisierte Licht wird nämlich von dem oberen nicht hindurchgelassen, sobald die Schwingungsebenen beider gekreuzt sind, man dreht also das obere Nicolsche Prisma *A* so lange herum, bis das Gesichtsfeld dunkel ist. Bringt man nun auf den Objekttisch *T* einen einfach brechenden Kristall, etwa ein Spaltungsstück von Steinsalz oder einen Alaunkristall, den wir uns selbst gezogen haben (S. 10), oder einen Spinell, so bleibt alles unverändert, d. h. der Kristall erscheint ebenso dunkel wie das Gesichtsfeld. Bringt man aber einen doppeltbrechenden Kristall oder ein Stückchen davon, etwa ein dünnes Spaltungsblättchen von Gips oder Glimmer in den

Digitized by Google

Apparat, so erscheint dieses hell und farbig, hieran kann man sofort einen doppeltbrechenden Kristall von einem einfachbrechenden unterscheiden. Die Farbe hängt von der Stärke der Doppelbrechung und der Dicke ab, ein beliebig abgespaltenes Blättchen von Gips, das immer an verschiedenen Stellen verschieden dick ist, zeigt daher verschiedene Farbe und zwar sehr schöne bunte, leuchtende Farben, wenn es recht dünn ist. So dient uns der Polarisationsapparat zur Erkennung der Doppelbrechung.

Drehe ich das doppeltbrechende Blättchen auf dem Objekttisch herum, so wird es immer dunkler und schliesslich so dunkel wie das übrige Gesichtsfeld, bei weiterer Drehung wird es wieder hell und zwar dunkel und hell immer in seiner ganzen Ausdehnung, wenn es ein Blättchen aus einem einfachen Kristall ist. Anders, wenn der Kristall oder ein Blättchen daraus ein Zwilling ist, dann wird oft erst der eine Teil dunkel, der andere bleibt noch hell (Figur 103), bei weiterem Drehen wird dieser dunkel und jener wieder hell. So hat man in vielen Fällen ein sehr gutes Mittel zur Erkennung von Zwillingsbildung. In Figur 1 auf Tafel 61a sehen wir ein Blättchen (von Labrador-Feldspat) mit wiederholter Zwillingsbildung, die dunklen Lamellen befinden sich in Zwillingsstellung zu den hellen; bei einer Drehung dieses Blättchens auf dem Objekttisch würden die dunklen Streifen hell und bald darauf die hellen dunkel werden. Die feine Zwillingsbildung, die uns in Figur 2 und 3 auf Tafel 61a durch das polarisierte Licht enthüllt wird, könnten wir mit blossem Auge gar nicht sehen und so nehmen wir oft im polarisierten Licht Zwillingsverwachsungen wahr, die uns ohne dies verborgen bleiben müssten.

Fig. 103.

Zwilling von Augit im polarisierten Licht. Limburg i. Kaiserstuhl. Vergrösserung 20fach.

Bringe ich einen Würfel von chlorsaurem Natron, den ich aus einer wässrigen Lösung des Salzes kristallisieren lassen kann, oder eine Platte von Quarz, die senkrecht zur Säule geschnitten ist, unter den Polarisationsapparat, so erscheint sie hell und farbig und ändert bei einer vollen Umdrehung der Platte ihre Helligkeit und Farbe nicht. Drehe ich aber das obere Nicolsche Prisma herum, so ändert sich die Farbe der Platte, und sehe ich sie mir durch ein rotes Glas an, so finde ich, dass sich auch ihre Helligkeit ändert und nach einer gewissen Umdrehung des Nicolschen Prismas die Platte dunkel erscheint. Dies beruht darauf, dass in den genannten Kristallen die Ebene des polarisierten Lichtes gedreht wird, dass sie die Eigenschaft der Zirkularpolarisation besitzen. Habe ich aus verschiedenen Quarzkristallen zwei gleich dicke Platten zur Verfügung, so zeigen diese bei gekreuzten Nicols die gleiche Farbe, etwa rot. Drehe ich nun das Nicolsche Prisma nach rechts herum, so kann es kommen, dass sich in beiden die Farbe verschieden ändert, die eine Platte wird grün, dann blau und violett, die andere aber violett, dann blau und grün; dies liegt daran, dass beide die Ebene des polarisierten Lichtes in verschiedenem Sinne drehen, die erste nach rechts, die andere nach links, darum wird die erste rechtsdrehend, die andere linksdrehend genannt. Den Sinn der Drehung kann ich oft schon aus der Form erkennen, die Kristalle von Quarz, die wir als rechte kennen gelernt haben (Fig. 76), sind rechtsdrehend, die linken (Fig. 75) linksdrehend.

Digitized by Google

Wenn ein doppeltbrechendes Blättchen durch Herumdrehen dunkel geworden ist, gehen die Schwingungsebenen des Lichtes in ihm denen der polarisierenden Vorrichtungen parallel; geht alsdann eine Kante des Blättchens einem Arme des Fadenkreuzes parallel, so sagt man, es besitze gerade Auslöschung, liegen aber in der Dunkelstellung seine Kanten schief, so sagt man, es habe schiefe Auslöschung. Gerade Auslöschung tritt auf all den Kristallflächen ein, über die eine Symmetrieebene senkrecht hingeht, man hat somit ein Mittel, aus der Auslöschung von Kristallblättchen die Symmetrie des Kristalles bis zu einem gewissen Grade zu erkennen.

Wir haben gesehen, dass in einem quadratischen oder hexagonalen Kristall das Licht in der Richtung seiner Hauptachse nicht doppelt gebrochen wird; wenn ich also ein Blättchen parallel zur Basis eines dieser Kristalle (nur nicht von Quarz) in den Polarisationsapparat bringe, muss es ebenso dunkel bleiben, als ob es aus einem regulären, einfach brechenden Kristall wäre und so ist es auch, vorausgesetzt, dass das Licht genau in der Richtung der Hauptachse hindurchgeht, die auffallenden Strahlen also einander parallel sind. Dies ist in dem bisher besprochenen Apparat der Fall, darum heisst er auch **Polarisationsapparat für paralleles Licht**.

Wenn aber das Licht nicht genau in dieser Richtung, sondern schief auffällt, wird es doppelt gebrochen und das Blättchen erscheint hell und farbig, und das Licht wird um so stärker doppelt gebrochen, je schiefer es auffällt; alle die Strahlen aber, die unter gleichem Winkel auffallen, werden gleich stark doppelt gebrochen und geben daher dieselben Farben. Von diesem Verhalten macht man nun Gebrauch und lässt in die Blättchen einen Kegel von Lichtstrahlen eintreten, indem man das Licht, ehe es in das Mineral gelangt, durch einen Satz von halbkugeligen Linsen hindurchgehen lässt (in Figur 102 sind sie in Hülse *C* gefasst) und hierdurch konvergent macht. Das in der Mitte auffallende Licht fällt senkrecht auf und geht ungebrochen durch das Blättchen hindurch, alle anderen Strahlen fallen schief auf und werden doppelt gebrochen und die, welche gleich schief auffallen, werden gleich stark doppelt gebrochen. Nach dem Austritt aus dem Blättchen werden die Lichtstrahlen durch einen, dem ersten gleichen Linsensatz (in Hülse *B* der Figur 102) wieder parallel gemacht. Weil durch diese Einrichtung konvergentes Licht durch das Mineral hindurchgeht, wird der Apparat **Polarisationsapparat für konvergentes Licht** oder Nörrenbergsches Polarisationsinstrument genannt.

Bringt man nun eine Platte eines optisch einachsigen Kristalls (z. B. von Kalkspat), die senkrecht zur Hauptachse geschliffen ist, in den Apparat für konvergentes Licht, so sieht man ein schwarzes Kreuz, umgeben von farbigen Ringen bei Tageslicht, umgeben von hellen und dunklen Ringen (Tafel 4, 1) bei Beleuchtung mit Natriumlicht oder mit anderem homogenen Licht (rotes Glas). Beim Drehen des Präparats bleibt das Bild unverändert; da es durch die Interferenz des Lichtes zustande kommt, wird es **Interferenzbild** genannt. Es ist immer charakteristisch für die quadratischen und hexagonalen Kristalle, zeigt nur im einzelnen je nach der Dicke des Präparates und der Stärke der Doppelbrechung unwesentliche Unterschiede, indem das Kreuz bald schärfer, bald verschwommener, die Ringe bald enger, bald weiter sind.

Besitzt der Kristall die Eigenschaft, in der Richtung der Achse die Ebene des polarisierten Lichtes zu drehen, Zirkularpolarisation, so geht in dem durch ihn erzeugten Interferenzbild das schwarze Kreuz nicht durch die Mitte hindurch, diese ist vielmehr hell. Am Quarz lässt sich dies am besten beobachten, Figur 2 auf Tafel 4.

Bringt man eine Platte aus einem rhombischen, monoklinen oder triklinen Kristall, durch welche die optischen Achsen austreten, in das Instrument, so sieht man das in Fig. 3 und 4 auf Taf. 4 abgebildete Interferenzbild, in der einen Stellung ein schwarzes Kreuz mit einem scharfen und einem verschwommenen Arm, Fig. 3, nach einer Drehung

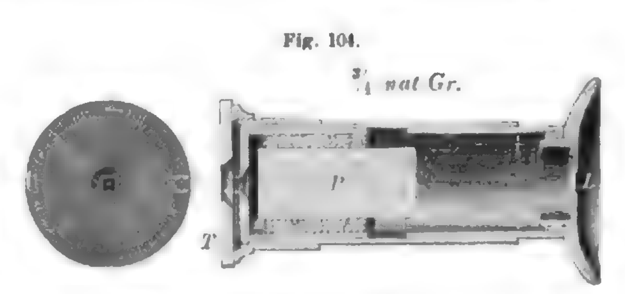
um 45° zwei schwarze Hyperbeln (Figur 4), umgeben von Ringen, die man als Lemniscaten bezeichnet. Zur Beobachtung dieser Erscheinung eignen sich besonders Spaltungsblättchen von Glimmer, die man sich leicht verschaffen kann, sie geben ohne weiteres diese Bilder.

So kann man durch Beobachtung im konvergenten polarisierten Licht optisch einachsige Kristalle mit und ohne Zirkularpolarisation und optisch zweiachsige leicht unterscheiden; sogar rhombische, monokline und trikline lassen sich voneinander unterscheiden, indem die Symmetrie in der Farbenverteilung des Interferenzbildes der Symmetrie der Platte entspricht, die das Bild liefert, dies wollen wir aber nicht weiter verfolgen.

Dichroismus. Doppeltbrechende Mineralien, welche gleichmässig und nicht zu schwach gefärbt sind, zeigen sehr häufig nach verschiedenen Richtungen verschiedene Farbe, eine Erscheinung, die man als Dichroismus bezeichnet. Nun kann man aber nur sehr selten durch einen Kristall nach den verschiedenen Richtungen hindurchsehen, mit blossem Auge daher die verschiedene Färbung nicht erkennen. Man hat aber ein kleines, sehr einfaches Instrumentchen konstruiert, mit dem dies möglich ist, eine dichroskopische Lupe (Figur 104); sie besteht in der Hauptsache aus einem Stück von klarem Doppelspat, das in eine Hülse gefasst ist; auf der einen Seite ist die Hülse durch eine Messingscheibe geschlossen, in deren Mitte eine quadratische Oeffnung angebracht ist, auf der andern Seite befindet sich eine Lupe (L), durch die man diese Oeffnung scharf sehen kann. Infolge der Doppelbrechung des Kalkspats erscheint diese Oeffnung beim Hindurchsehen doppelt, das durch den ordentlichen Strahl (o) erzeugte Bild ist scharf, das von dem ausserordentlichen Strahl (e) erzeugte hat farbigen Rand. Halte ich nun einen dichroitischen Kristall vor diese Oeffnung, so sehe ich die verschiedenen Farben nebeneinander, die eine Oeffnung erscheint in anderer Farbe als die andere. Halte ich z. B. den in Figur 12 auf Tafel 44 abgebildeten gelblichgrünen Aquamarin mit einer Prismenfläche vor die dichroskopische Lupe, so erscheint das eine Fensterchen (o) gelblichgrün, das andere (e) himmelblau. Es kommt dabei auf die Stellung des Kristalls zu dem Kalkspat in der Lupe an, und wenn etwa bei der einen Stellung die Bilder gleichfarbig erscheinen sollten, so drehe man den Kristall ein wenig herum. Am besten hält man die Lupe so, dass die beiden Bilder genau nebeneinander (oder übereinander) liegen, und den Kristall so, dass seine Hauptachse horizontal (oder vertikal) gerichtet ist; wenn man aber die Richtung der Hauptachse nicht kennt, wie bei einem geschliffenen Edelstein, dann dreht man den Stein vor der Lupe herum und sieht zu, ob ein Farbenunterschied auftritt. Bei Untersuchung von Edelsteinen wird diese Lupe mit grossem Vorteil benutzt.

Fig. 104.

3/4 nat Gr.



Dichroskopische Lupe.

Andere physikalische Eigenschaften, werden wir bei den Mineralien besprechen, die diese in hervorragendem Masse besitzen, Magnetismus bei Magneteisen, Elektrizität bei Turmalin.

Digitized by Google

Die chemischen Eigenschaften der Mineralien.

Die Bestandteile der Mineralien und ihre Bestimmung.

Die Substanz der Mineralien wird von den chemischen Elementen gebildet und besteht entweder nur aus einem einzigen Element, man sagt dann das Element komme im gediegenen Zustand vor (Gold, Silber, Kupfer), oder sie besteht aus mehreren Elementen, die zu chemischen Verbindungen vereinigt sind. Die Zusammensetzung wird durch chemische Analyse ermittelt und zwar werden durch die qualitative Analyse die Elemente bestimmt, die im Mineral vorhanden sind, während durch die quantitative Analyse das Mengenverhältnis dieser Elemente festgestellt wird. Mit den Bestimmungsmethoden macht uns die Chemie bekannt, wir können hier nicht darauf eingehen, wir wollen hier nur kurz die einfachsten Methoden erwähnen, die bei der Bestimmung der chemischen Zusammensetzung eines Minerals angewendet werden. Die meisten Mineralien lassen sich nach ihren äusseren Eigenschaften, wie Härte, Farbe, Glanz, Strich, Spaltbarkeit soweit bestimmen, dass nur zwischen wenigen ähnlich aussehenden die Wahl bleibt; die Entscheidung geben alsdann einige einfache Versuche. Man prüft, ob das Mineral in Wasser löslich ist, ob es von Säuren zersetzt wird, ob es hierbei Gas entwickelt und aufbraust, ob dünne Splitter sich schmelzen lassen, ob sie leicht oder schwer schmelzen, ob ein Körnchen, das in einem unten zugeschmolzenen Glasröhrchen erhitzt wird, Wasser verliert, oder ob es hierbei seine Farbe verändert. Viele andere einfache Versuche lassen sich mit Hilfe eines Lötrohrs anstellen. Dies besteht in seiner einfachsten Gestalt aus einer Röhre von Messing, die an dem einen Ende mit einer weiten Oeffnung, an dem andern Ende mit einer feinen Spitze versehen und nahe dem spitzen Ende im rechten Winkel umgebogen ist. Es wird gebraucht, um die Temperatur der Flamme (kleine Oellampe oder Gasbrenner) zu erhöhen und die Flamme auf die Probe, die auf Holzkohle gelegt wird, zu blasen. Die Probe kann hierbei schmelzen oder verdampfen, rings um sie kann sich ein Beschlag bilden; der Geruch des Dampfes, die Farbe des Beschlages ist genau zu beachten, die geglühte Probe ist zu prüfen, ob sie magnetisch geworden ist. Darauf wird die Probe in einer Reibschale fein verrieben und mit gepulverter wasserfreier Soda zusammengeschmolzen; hierdurch werden Metalle (Silber, Kupfer, Blei, Zinn etc.) aus ihren Erzen frei und bilden kleine Körnchen, der Schwefel verbindet sich mit Teilen der Soda und kann daran erkannt werden, dass die Schmelze, auf eine Silbermünze gelegt und befeuchtet, diese schwärzt (Heparreaktion). Viele Metalle werden an der Färbung erkannt, die sie einer Boraxperle erteilen, wenn sie damit zusammengeschmolzen werden. In das Oehr eines dünnen Platindrahtes bringt man Boraxpulver, schmilzt dieses an einer nicht leuchtenden Spiritus- oder Gasflamme zu einer klaren Perle und schmilzt dann mit dieser das Mineralpulver zusammen. In derselben Weise wird Phosphorsalz benützt. Andere Stoffe können an der Flammenfärbung erkannt werden, die auftritt, wenn das Mineral, mit Salzsäure befeuchtet, an einem dünnen Platindraht in einer nicht leuchtenden Spiritus- oder Gasflamme geglüht wird. Wir werden bei den einzelnen Mineralien ihr Verhalten vor dem Lötrohr kurz angeben, soweit es zur Unterscheidung von ähnlich aussehenden nötig ist.

Chemische Formel. Wenn durch die quantitative Analyse die chemische Zusammensetzung eines Minerals ermittelt ist, kann diese durch eine Formel ausgedrückt

werden. Auf die Berechnungsweise gehen wir hier nicht ein, wir wollen nur sehen, was eine solche Formel bedeutet. Die Formel enthält die Namen der Elemente, die in der untersuchten Verbindung enthalten sind und gibt das Verhältnis an, in dem sie vereinigt sind. Die Namen werden durch ein abgekürztes Zeichen ausgedrückt, dem Anfangsbuchstaben des deutschen oder lateinischen Namens, das zugleich das Gewicht ausdrückt, mit dem das kleinste Teilchen (ein Atom) des Elementes in Verbindungen eintritt. Dieses Gewicht hat für jedes Element einen bestimmten Wert, ist für Wasserstoff am geringsten, darum wird dessen Atomgewicht gleich 1 gesetzt; aus gewissen Gründen wird in der neueren Zeit von vielen Chemikern das Atomgewicht des Sauerstoffs gleich 16 als Einheit angenommen, wir wollen hier das Erstere annehmen. Die Atomgewichte der anderen Elemente geben dann an, wie vielmal schwerer eins ihrer kleinsten Teilchen (Atome) ist, als ein solches von Wasserstoff. Die Zeichen der wichtigsten Elemente und ihrer Atomgewichte sind die folgenden:

	Chem. Zeichen	Atomgewicht		Chem. Zeichen	Atomgewicht
Aluminium	Al	26,9	Nickel	Ni	58,3
Antimon	Sb	119,3	Niobium	Nb	93,3
Argon	A	39,6	Osmium	Os	189,6
Arsen	As	74,4	Palladium	Pd	105,7
Baryum	Ba	136,4	Phosphor	P	30,77
Beryllium	Be	9,03	Platin	Pt	193,3
Blei	Pb	205,35	Quecksilber	Hg	198,5
Bor	B	10,9	Radium	Ra	223,3
Brom	Br	79,36	Rhodium	Rh	102,2
Cadmium	Cd	111,6	Rubidium	Rb	84,8
Caesium	Cs	132	Ruthenium	Ru	100,9
Calcium	Ca	39,8	Samarium	Sa	148,9
Cerium	Ce	139	Sauerstoff	O	15,88
Chlor	Cl	35,18	Schwefel	S	31,83
Chrom	Cr	51,7	Selen	Se	78,6
Eisen	Fe	55,5	Silber	Ag	107,12
Fluor	F	18,9	Silicium	Si	28,2
Gallium	Ga	69,5	Stickstoff	N	13,93
Germanium	Ge	71,9	Strontium	Sr	86,94
Gold	Au	195,7	Tantal	Ta	181,6
Helium	He	4	Tellur	Te	126,6
Indium	In	113,1	Thallium	Tl	202,6
Iridium	Ir	191,5	Thorium	Th	230,8
Jod	J	125,9	Titan	Ti	47,7
Kalium	K	38,86	Uran	U	236,7
Kobalt	Co	58,56	Vanadin	V	50,8
Kohlenstoff	C	11,91	Wasserstoff	H	1,00
Kupfer	Cu	63,1	Wismut	Bi	206,9
Lanthan	La	137,9	Wolfram	W	182,6
Lithium	Li	6,98	Ytterbium	Yb	171,7
Magnesium	Mg	24,18	Yttrium	Y	88,3
Mangan	Mn	54,6	Zink	Zn	64,9
Molybdän	Mo	95,3	Zinn	Sn	118,1
Natrium	Na	22,88	Zirkonium	Zr	89,9

Digitized by Google

Durch diese Zeichen wird in der angedeuteten Weise die Zusammensetzung der Verbindungen ausgedrückt. So ist die Formel für Steinsalz $NaCl$ und bedeutet, die Verbindung besteht aus einem Atom Natrium und einem Atom Chlor und 22,88 Gewichtsteile Natrium sind mit 35,18 Gewichtsteilen Chlor verbunden. Die Formel FeS_2 für Schwefelkies drückt aus, die Verbindung besteht aus einem Atom Eisen und zwei Atomen Schwefel und 56,5 Gewichtsteile Eisen sind mit zweimal 31,83 = 63,66 Gewichtsteilen Schwefel verbunden.

Um die Formel für eine Verbindung aufstellen zu können, muss man bestimmen, welche Gewichtsmenge von jedem einzelnen Element in einer bestimmten Gewichtsmenge (in 100 Gewichtsteilen) der Verbindung enthalten ist. So würde man finden, dass 100 gr von vollkommen reinem Schwefelkies 46,58 gr Eisen und 53,42 gr Schwefel enthalten. Diese Werte werden durch die Atomgewichte der Elemente dividiert und die erhaltenen Zahlen geben an, in welchem Verhältnis die Atome der einzelnen Elemente in der Verbindung vereinigt sind. Wir erhalten so für Schwefelkies $\frac{46,58}{55,5} = 0,84$ und $\frac{53,42}{31,82} = 1,68$, die beiden Zahlen 0,84 und 1,68 verhalten sich aber wie 1 : 2, d. h. in Schwefelkies kommen auf 1 Atom Eisen 2 Atome Schwefel.

Die Aneinanderreihung der einfachsten Verhältniszahlen und der Zeichen für die Elemente stellt die Formel dar, sie ist also für Schwefelkies FeS_2.

Dimorphie und Isomorphie.

Dimorphie. Bisweilen findet man, dass dieselbe chemische Verbindung oder auch dasselbe Element in verschiedener Form und mit verschiedenen physikalischen Eigenschaften kristallisiert. So kristallisiert kohlensaurer Kalk am häufigsten hexagonal-rhomboedrisch und heisst Kalkspat, Tafel 72 und 73; er kristallisiert aber auch rhombisch und heisst dann Aragonit, Tafel 74; während Kalkspat sehr deutlich nach den Rhomboederflächen spaltet, besitzt Aragonit keine deutliche Spaltbarkeit; Kalkspat ist optisch einachsig (Figur 1, Tafel 4), Aragonit optisch zweiachsig (Figur 3 und 4, Tafel 4), das spez. Gewicht von Kalkspat ist 2,75, das von Aragonit 2,9. Kohlenstoff ist als Diamant regulär, durchsichtig, schwer und hart, als Graphit hexagonal, undurchsichtig, leicht und weich; auf Tafel 41 haben wir diese beiden Mineralien vereinigt. Solche Substanzen, die bei gleicher chemischer Zusammensetzung in verschiedenen Formen mit verschiedenen Eigenschaften kristallisieren, werden dimorph genannt, die Erscheinung Dimorphie. Bisweilen kommt eine Substanz nicht nur in zwei, sondern in mehreren verschiedenen Formen (die man als ihre Modifikationen bezeichnet) vor, die Erscheinung heisst dann auch Polymorphie. Ein Beispiel hierfür werden wir bei Rutil, Anatas und Brookit auf Tafel 39 kennen lernen.

Unter Isomorphie versteht man die Erscheinung, dass verschiedene Mineralien eine analoge chemische Zusammensetzung und zugleich ähnliche Kristallform besitzen. Z. B. sind Magnesit $MgCO_3$ und Eisenspat $FeCO_3$ isomorph, da sie analoge Zusammensetzung haben und beide in ähnlichen Rhomboedern kristallisieren. Isomorphe Substanzen besitzen die weitere Eigentümlichkeit, dass sie gleichzeitig an der Zusammensetzung eines Kristalls teilnehmen können, so dass die eine Substanz eine entsprechende Menge der andern vertritt; in Eisenspat z. B. wird ein Teil des Eisens oft durch Magnesium vertreten; derartige isomorphe Mischungen sind unter den Mineralien ausserordentlich häufig. Seltener findet man in der Natur isomorphe Fortwachsungen, die dadurch entstehen, dass

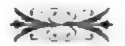
eine Substanz über den Kristallen einer andern mit ihr isomorphen Substanz weiter wächst; künstlich kann man sie mit Alaun erzielen, indem man z. B. farblosen Kalialaun über violetten Chromalaun kristallisieren lässt. Die Mineralien, die miteinander isomorph sind, bilden eine isomorphe Reihe; enthalten zwei solcher Reihen ein Mineral, dessen Substanz dimorph ist, so nennt man sie isodimorphe Reihen.

Entstehung der Mineralien.

Die Mineralien, die wir gern für ewig und unveränderlich halten, sind vergänglich wie Tier und Pflanze, sie sind einstmals entstanden und gewachsen, altern später, verwittern und vergehen und aus ihrer Substanz gehen neue Generationen, neue Mineralien hervor. Die Mineralien bilden sich auf verschiedenem Weg, den wir nur selten ganz verfolgen können. Viele sind aus einem Schmelzfluss fest geworden, einige aus Dämpfen niedergeschlagen, die meisten sind aus wässrigen Lösungen abgesetzt. In den Lavaströmen, die in glühendflüssigem Zustand aus den Vulkanen hervorbrechen, bilden sich vielerlei Mineralien (Feldspat, Leucit, Augit, Olivin, Magneteisen u. a.). Die Dämpfe, welche bei vulkanischen Ausbrüchen der Tiefe entströmen, scheiden an der Oberfläche feste Produkte ab (Schwefel, Steinsalz, Eisenglanz) und das überall auf der Erde verbreitete Wasser vermag Substanzen zu lösen und an anderen Orten wieder abzusetzen. Die grösste Lösung auf der Erde ist das Meer, das namentlich Kochsalz, aber auch viele andere Bestandteile gelöst enthält; aus ihm haben sich die mächtigen Lager von Steinsalz mit den Abraumsalzen, Anhydrit, Gips und Kalkstein abgeschieden. Aber auch in der festen Erdkruste bewegt sich auf Spalten und Klüften das Wasser, das als Regen die Oberfläche benetzte und in die Tiefe gedrungen ist. Hier kann es sich mit den vielen verschiedenen Stoffen beladen, die wir in den Quellen, dem Bitterwasser, dem Schwefel- und Eisenwasser und andern Mineralwässern antreffen. Die Stoffe werden an andern Orten wieder abgesetzt, indem entweder das Wasser, das sie gelöst enthielt, verdunstet, so sind z. B. die Gipskristalle in den Gipshöhlen entstanden, oder indem in den vielverzweigten Klüften Gewässer mit verschiedenartigen Bestandteilen zusammentreffen, aus denen neue, schwer lösliche Verbindungen sich bilden. So kann unlöslicher Schwerspat ($BaSO_4$) sich bilden, wenn ein Wasser, das etwas kohlensaures Baryum oder Chlorbaryum enthält, mit einem andern, das schwefelsaures Calcium gelöst mit sich führt, in den Klüften zusammentrifft; die verschiedenartigen Bestandteile vereinigen sich so, dass aus ihnen die am schwersten lösliche Verbindung entsteht, in unserm Beispiel ist dies das schwefelsaure Baryum, der Schwerspat.

Verwitterung. Das Wasser, welches als Regen auf die Erde fällt, nimmt aus der Luft und dem Erdboden Sauerstoff, Kohlensäure und andere Bestandteile auf, sickert mit diesen beladen in die Tiefe und kommt hier mit den Mineralien in Verbindung. Während nun reines Wasser auf die meisten Mineralien keine besondere Wirkung ausübt, besitzt ein derartiges Wasser ganz andere Kräfte, es vermag im Laufe der Zeit auch die widerstandsfähigsten Mineralien zu lösen und zu zerstören und führt mit Sicherheit deren Verwitterung herbei. Sie verlieren ihren Glanz und ihre Farben, werden matt, rauh, zerreiblich und zerfallen schliesslich zu Grus, wenn sie nicht vollständig vom Wasser gelöst und fortgeführt werden. Nur selten bleibt bei der Verwitterung die Form des ursprünglichen Minerals erhalten, es entstehen dann die an anderer Stelle (Seite 45) besprochenen Pseudomorphosen. Aus den verwitternden Mineralien nimmt das Wasser weitere Bestandteile auf, es trifft auf seinem Weg in der Erde mit Wasser, das von

anderen Mineralien andere Bestandteile aufgenommen hat, zusammen und die gelösten Stoffe vereinigen sich zu neuen Körpern, zu frischen Mineralien, die ihrerseits wiederum der Verwitterung anheimfallen. So herrscht im Innern der Erde ein ununterbrochenes Werden und Vergehen der unorganischen Mineralien, vergleichbar dem Werden und Vergehen der organischen Geschöpfe auf der Erde. Und diese selbst können nur dadurch leben, dass Mineralien zerstört werden: aus den Lösungen, die bei der Verwitterung entstehen, nehmen die Pflanzen ihre Nahrung auf und von den Pflanzen nähren sich die Tiere. Ohne die Verwitterung der Mineralien ist kein Leben auf der Erde möglich und der Kreislauf der Stoffe beginnt und endet in dem Mineralreich.



Spezieller Teil.

Die Erze und ihre Abkömmlinge nebst Schwefel.

Erz. Der Bergmann versteht unter Erz alle die Mineralien und Mineralgemenge, die ein Metall in solcher Menge enthalten, dass sich seine Gewinnung oder Verarbeitung lohnt; der Mineralog versteht darunter mehr solche Mineralien, die metallisches Aussehen haben und ein schweres Metall enthalten. Für den Bergmann ist ein Quarz, der 25 g Gold in der Tonne enthält, ein reiches Golderz; wir können einen solchen Quarz nicht gut als Golderz hier im Bilde vorführen, denn von dem Gold wäre nichts zu sehen. Der Mineralog nennt jedes Magneteisen Erz und der Mineraliensammler beutet die Fundorte im Binnental aus, an denen die herrlichen Kristalle von Magneteisen vorkommen, von denen wir eine Stufe auf Tafel 29 a abgebildet haben, der Bergmann würde keinen Stollen anlegen, sie zu gewinnen, weil die Menge zu gering ist; Magneteisen wird für ihn erst dann ein Erz, wenn es in so grossen Massen vorkommt, dass die Gewinnung sich lohnt.

Aber auch der Bergmann will die Mineralien, die ihm in seinen Erzen vorkommen, kennen lernen, und dazu muss er sie sehen; an einem Gestein mit 25 g Gold in der Tonne kann er nicht lernen, wie natürliches Gold aussieht.

Wir führen daher die Mineralien, die als Erze Bedeutung haben, in möglichst charakteristischen Stücken hier vor, beschreiben ihr Aussehen, ihre Eigenschaften und ihr Vorkommen, beschränken uns aber hierbei nicht auf das, was den Bergmann angeht, sondern erwähnen auch, was den Mineralogen erfreut und für den Laien wichtig ist.

Aus vielen metallischen Mineralien hat die Natur in ihrem grossen Laboratorium neue, oft farbenprächtige Mineralien hervorgezaubert, die das Metall des Erzes enthalten verbunden mit Kohlensäure, Schwefelsäure oder einer andern Säure, und die mit dem Erz zusammen vorkommen und mit ihm eine durch gemeinsame Abstammung verwandte Familie bilden, wir führen daher die Abkömmlinge der Erze im Anschluss an diese auf, manche davon gelten dem Bergmann noch als Erze, manche nicht.

Indem wir in dieser Weise die Mineralien ordnen, weichen wir von dem System der Mineralogen, in dem die Mineralien mit der gleichen Säure in eine Gruppe vereinigt werden, ab, lassen aber dafür das, was der Entstehung nach zusammengehört, in der Hauptsache beisammen. In den Lehrbüchern der Mineralogie wird z. B. Rotkupfererz zu den Oxyden, Malachit zu den Karbonaten gestellt, wir vereinigen sie auf derselben Tafel (13), weil sie beide aus andern Kupfererzen bei deren Verwitterung sich bilden.

Wir bringen auch Schwefel in diesem Abschnitt, nicht weil er bisweilen als Erz bezeichnet wird, sondern weil er ebenso wie schwefelhaltige metallische Mineralien, Schwefelkies und Markasit, benutzt wird, wir stellen ihn diesen voran.

Als Anhang zu den Eisenerzen führen wir Meteoreisen und Meteoriten vor, die streng genommen, zu den Gesteinen gehören, aber nach ihrer Herkunft und Beschaffenheit so grosses Interesse verdienen, dass wir sie doch nicht übergehen wollen.

Von Schwefel abgesehen können wir die Mineralien dieses Abschnitts zusammenfassend als die Schwermetalle und ihre wichtigsten Verbindungen bezeichnen.

Erzlagerstätten. Die Mineralien, welche der Bergmann als Erze schätzt, treten im allgemeinen grade so wie andere in der Erdkruste auf, nur ist die Art ihres Vorkommens aus naheliegenden Gründen besonders gründlich durchforscht und ihre Entstehungsweise zu ermitteln versucht worden.

Es ist hier nicht unsere Aufgabe, eine Lehre von den Erzlagerstätten zu geben, nur die wichtigsten Arten von Lagerstätten und ihre Bildungsweise wollen wir kurz aufführen.

Erze finden sich in Verbindung mit Eruptivgesteinen, die in heissflüssigem Zustand aus unbekannten Tiefen der Erde emporgedrungen und erstarrt sind, sie treten in Sedimentgesteinen auf, die von Wasser abgesetzt sind, haben sich auf Spalten angesiedelt, welche die andern Gesteine durchsetzen oder liegen in dem Sande und Geröll von Wasserläufen, den Seifen.

Alle Eruptivgesteine enthalten von Haus aus schwere Metalle und im allgemeinen um so reichlicher, je ärmer sie an Kieselsäure sind. In der Regel sind diese Metalle an Sauerstoff oder Säure gebunden und ziemlich gleichmässig durch das ganze Gestein zerstreut, wie das Magneteisen in unseren Basalten, bisweilen aber sind ihre Verbindungen besonders massenhaft ausgeschieden, so dass sie stellenweise Erzlager bilden. Da sie aus dem Magma des Eruptivgesteins ausgeschieden sind, werden sie als magmatische Ausscheidungen bezeichnet. Beispiele dafür sind Ausscheidungen von Magneteisen aus Syenit, von Titaneisen aus Gabbro, wohl auch die von Magnetkies und andern Schwefelverbindungen aus Gabbro (vergl. bei Magneteisen und Magnetkies).

Oft sind Erze in Sedimentgesteinen enthalten, die vom Wasser abgesetzt und hierdurch geschichtet sind, es sind die geschichteten Erzlagerstätten. Ein erzführendes Sediment wird als Flötz bezeichnet, wenn es grosse horizontale Ausdehnung, aber geringe Mächtigkeit besitzt — Beispiel: das Kupferschieferflötz —, als Lager, wenn es geringere horizontale Ausdehnung, aber grössere Mächtigkeit besitzt — Beispiel: Roteisensteinlager —, als Stock bei grosser Mächtigkeit, aber geringer Ausdehnung.

Das Erz kann gleichzeitig mit dem Sediment, in dem es enthalten ist, gebildet und abgelagert, es kann auch als selbständige Schicht, zwischen andern Schichten eingeschaltet sein. Wir sehen heute noch Eisenocker rings um Eisenquellen sich bilden und Raseneisenstein sich ablagern; es ist sehr wahrscheinlich, dass auch viele Eisenerzlager solche ursprüngliche Bildungen sind, wenn auch das Erz nicht mehr die ursprüngliche Beschaffenheit hat. Durch die Prozesse, die in der Erdkruste sich abspielen, kann es verändert, durch die Hitze eines Eruptivgesteins kann es in Magneteisen umgewandelt sein. Gesteine und Erze, die durch Berührung mit einem Eruptivgestein in ihrem Mineralbestand geändert sind, werden kontaktmetamorphe Lager genannt. Die Umänderung erstreckt sich nicht nur auf das Erz, sondern auch auf die Gesteine der Nachbarschaft; dichter Kalk wird zu Marmor, aus den tonigen Beimischungen bilden sich die Kontaktmineralien: Spinell, Granat, Vesuvian und Wollastonit, in Tonschiefer entsteht Andalusit etc.

Von den Erzen, die wir in diesem Abschnitt erwähnen, sind zweifellos die tonigen Sphärosiderite echte Sedimente, Niederschläge von kohlensaurem Eisenoxydul, gemengt mit Ton und Kohle; wahrscheinlich sind auch die Minettelager und manche Roteisensteinlager ursprüngliche Bildungen, vielleicht sind auch die Bleiglanzkörner im Sandstein von Mechernich gleichzeitig mit dem Sand abgesetzt, ihre Schwere und Verteilung im Sandstein spricht freilich dagegen; die Erzführung des Kupferschiefers wird von vielen als ursprünglich an-

gesehen, andere meinen, das Erz sei später zugeführt. Die Kieslager von Rio tinto und Goslar machen den Eindruck, als ob es echte ursprüngliche Sedimente seien; sie sind zwischen echte Sedimente eingeschaltet und wie diese gefaltet oder sonst in ihrer Lagerung gestört.

In andere Sedimente, die meist vom Meere abgesetzt sind, ist das Erz erst später zugeführt worden und an Stelle des ursprünglichen Gesteins befindet sich jetzt ein Erzlager. Dies gilt namentlich von Kalkstein, der oft durch Eisenerze oder Zinkerze verdrängt ist. Der kohlensaure Kalk besitzt die Eigenschaft, schwere Metalle aus ihren Lösungen zu fällen und für diese in Lösung zu gehen. Wenn daher in der Natur Metalllösungen mit Kalkstein in Berührung kommen, wird das Metall aus ihnen gefällt und der Kalkstein verschwindet. Die Verbindung, in der das Metall niedergeschlagen wird, hängt von diesem selbst ab, im allgemeinen werden die Erze als kohlensaure Verbindungen ausgeschieden und bleiben als solche bestehen, wenn sie nicht leicht weiter oxydiert werden können; so scheidet sich Zink vorzugsweise als kohlensaures Zink ab. Wenn aber die Metallverbindungen leicht oxydiert werden, wie die Karbonate von Eisen und Mangan, so werden diese bald in die Oxyde, Roteisenstein, Brauneisenstein, Pyrolusit und Psilomelan übergeführt. Die Metalllösungen, durch welche Kalkstein in ein Erzlager umgewandelt ist, stammen oft aus einem geschichteten Erzlager, das über dem Kalkstein liegt (vergleiche bei Zinkspat), und dessen Erze durch die Atmosphärilien in lösliche Salze umgewandelt sind, oft mögen sie aus benachbarten, in gleicher Weise zerstörten Erzgängen stammen, oder sind aus unbekannten Tiefen emporgestiegen.

Bisweilen war das Erz von Haus aus in dem Kalkstein enthalten, aber in seiner ganzen Masse gleichmässig verteilt und im Verhältnis zu dem Kalkstein nur in Spuren. Durch kohlensäurehaltiges Wasser ist der Kalkstein aufgelöst und fortgeführt, während die Metallverbindungen (Eisen, Mangan) oxydiert wurden, zurückblieben und so im Laufe der Zeit sich ansammelten und ein Erzlager bildeten. Auch in andern Gesteinen haben solche Erzkonzentrationen infolge von Verwitterung stattgefunden.

Auf Verwitterung beruht auch der grössere Reichtum der Geröllablagerungen an Gold, Platin, Zinnerz oder Edelsteinen im Vergleich zu dem Gestein, aus dem diese Mineralien stammen; das Gestein ist durch Verwitterung chemisch und mechanisch zerstört; seine leichteren Gemengteile sind durch das Wasser in viel grösserer Menge fortgeführt, als die schweren, diese haben sich in der Umgebung und in dem Gerölle angesammelt und können reiche Lager bilden, wenn auch das Muttergestein sehr arm an Erz oder Edelstein war. Solche Geröllablagerungen mit nutzbaren Mineralien werden Seifen genannt und je nach dem Mineral, das vorzugsweise aus ihnen gewonnen wird, als Gold-, Platin-, Zinn-, Diamant- und Edelsteinseifen unterschieden.

Besondere Bedeutung als Lagerstätten von Erzen wie von Mineralien überhaupt haben die Gänge, das sind Ausfüllungen von Spalten in der Erdkruste mit Erzen und anderen Mineralien. Während die Mineralien in den Lagern meist körnig und derb sind, kommen sie auf den Gängen in den schönsten Kristallen vor und die meisten Kristalle, welche unsere Sammlungen zieren, sind auf Gängen oder in anderen Hohlräumen gefunden und da entstanden. Gänge, die von Mineralien ausgefüllt sind, unter denen sich keine Erze befinden, werden Mineralgänge, grössere Ausweitungen, in denen nur die Wände mit Kristallen bedeckt sind, Kristallkeller, Gänge mit Erzen, Erzgänge, grössere mit Erz gefüllte Ausweitungen Höhlenfüllungen genannt. Bisweilen füllt nur ein einziges Mineral den Gang aus, meist sind es mehrere und sehr häufig sind sie alsdann in den Gängen symmetrisch angeordnet, sodass sie von den beiden Gangwänden aus nach der Mitte in der gleichen Reihenfolge miteinander wechseln.

Die Frage nach der Entstehung der Mineralien in den Gängen und nach der Herkunft der in den Erzen enthaltenen schweren Metalle hat die Forscher von jeher

beschäftigt, ohne bis heute völlig entschieden zu sein. Viele Erzgänge setzen direkt in Eruptivgesteinen auf, sehr viele andere in unmittelbarer Nähe davon und es kann gar keinem Zweifel unterliegen, dass ihre Bildung mit dem Eruptivgestein in Beziehung steht. In vielen Fällen sind sicher die Metalle, die in den Erzen festgelegt sind, in Lösungen enthalten gewesen, die während oder nach der Eruption des Gesteins aus der Tiefe hervorgebrochen sind, oft überhitzt und mit Stoffen beladen, die als kräftige Lösungsmittel bekannt sind (Chlor-, Fluor- und Borverbindungen) und die zur Entstehung der Mineralien ihren Teil beigetragen haben. Sie sind von den Spalten aus auch in das Nebengestein gedrungen, haben in diesem allerhand chemische Aenderungen bewirkt und in kleinen Mengen dieselben Mineralien wie auf den Spalten zurückgelassen. Als Beispiel hierfür nennen wir die Goldgänge an dem Südrande der Karpathen (siehe bei Gold), die Kupfergänge am Obern See in Nordamerika. In andern Fällen wird man zu der Annahme geführt, dass die schweren Metalle von dem Eruptivgestein selbst aus der Tiefe mit emporgebracht und aus diesem durch Verwitterung und Auslaugung auf den Spalten abgeschieden seien. Sie sollen ursprünglich in geringer Menge in den Silikaten des Gesteins, in Feldspat, Olivin, Glimmer, Augit enthalten gewesen, bei deren Verwitterung in Lösung gegangen und auf den Spalten konzentriert worden sein. Als Beispiel könnten wir vielleicht die Manganerze von Ilfeld am Harz (siehe bei Manganit) nennen, die auf Gängen in einem Porphyrgestein auftreten, das Mangan in geringer Menge enthält. Ob die Erzgänge in der einen oder anderen Weise entstanden seien, ist oft nicht sicher zu unterscheiden, in der Regel werden sich die Prozesse überhaupt nicht so einfach abspielen. Mit den Quellen, die aus der Tiefe an Spalten in die Höhe steigen, mögen sich Sickerwässer aus den Nebengesteinen vereinigen und in wechselvollem Spiel die Mineralien der Gänge erzeugen.

Nicht immer sind die Erzgänge an Eruptivgesteine gebunden, sie durchsetzen auch, unabhängig davon, die geschichteten Gesteine. Als Beispiel dafür nennen wir die Kobaltgänge im Kupferschiefergebirge (siehe hinter Buntkupfererz).

Da wo die Erzgänge die Erdoberfläche erreichen, in ihrem Ausgehenden, machen sich die Wirkungen der Atmosphärilien bemerkbar und viele Mineralien, die den grösseren Teufen fehlen, haben sich hier angesiedelt. Durch den Einfluss des Wassers, des Sauerstoffs und der Kohlensäure werden die ursprünglichen Mineralien der Gänge zerstört, zum Teil in lösliche Verbindungen übergeführt und ausgelaugt, zum Teil in solche Verbindungen umgewandelt, die unter den veränderten Verhältnissen auf der Erdoberfläche die beständigsten sind, aus den Eisenverbindungen entsteht Brauneisenstein, aus Kupferverbindungen Malachit, vorübergehend auch Kupferlasur, Rotkupfererz und gediegen Kupfer, aus Bleiverbindungen Weissbleierz, die grosse Schar von Mineralien, die wir als Abkömmlinge der Erze bezeichnet haben, treten hier auf. Sehr häufig überwiegt unter diesen Neubildungen der Brauneisenstein und dann nennt der Bergmann das Ausgehende den eisernen Hut.

Gold.

Das Gold wird seit den ältesten Zeiten als Schmuck getragen und ist schon in früher Zeit zum Wertmesser aller menschlichen Güter geworden. In den alten ägyptischen Königsgräbern aus dem zweiten und dritten Jahrtausend v. Chr. hat man kostbaren Goldschmuck gefunden, Armringe und Spangen, Zierraten, Waffen, eine Kette mit drei grossen goldenen Bienen, eine andere mit dem Skarabäus, dem grossen Mistkäfer der südlichen Länder, der als besonders geheimnisvolles und heiliges Tier galt und dessen Bild in Stein graviert (Tafel 40a, 3) als Amulet getragen wurde, kleine Schiffchen aus Gold und Silber und

viele andere Schmucksachen. Ueberraschende Kunde von der mannigfaltigen Verwendung von Gold im grauen Altertum haben uns die von Heinrich Schliemann unternommenen Ausgrabungen an der Stätte des alten Trojas gebracht. In der zweiten Ansiedlung, die lange vor dem Troja Homers bestanden hatte und die in das vierte Jahrtausend vor Christi gelegt wird, ist der »grosse Schatz« gehoben, der hier, in einer grossen silbernen Vase geborgen, Jahrtausende geruht hatte. 2 goldene Becher, 2 grosse goldene Diademe, 1 Stirnband, 6 Armbänder, 4 Ohrgehänge, 56 goldene Ohrringe, 8750 Goldperlen waren allein in dieser Vase enthalten, viele andere Schmucksachen, Nadeln, Becher, Krüge und Vasen aus Gold sind isoliert gleichfalls in der zweiten Ansiedlung gefunden worden; ferner stabförmige Barren aus Gold, auf einer Seite durch Einschnitte gezahnt, vielleicht hatten sie als Münze

Fig. 105.

Becher in Gold getrieben aus dem Kuppelgrab von Vaphio bei Amyklae in Lakonien.

Fig. 106.

Goldmaske aus Mykenae.

gedient. Die goldenen Gerätschaften sind getrieben, der Draht ist gehämmert, die Henkel an den Bechern sind bald genietet, bald auch gelötet, die Technik war schon in diesen ältesten Zeiten weit vorgeschritten, wenn auch in der zweiten Ansiedelung noch nicht so weit als in dem jüngeren Mykenae. Das grosse goldene Diadem enthält an einer feinen, 0,52 m langen, horizontalen Kette 90 Ketten von verschiedener Länge, an denen kleine schuppenförmige Blättchen aufgereiht sind, ein Goldschmuck, wie er zierlicher, reicher und in seiner Einfachheit schöner kaum erdacht werden kann. Der Feingehalt des verarbeiteten Goldes beträgt 23, 20 und 18 Karat, das 18karätige wird als Elektron bezeichnet, ein Becher war daraus gefertigt. Sicher wurde das Gold nicht erst mit Silber legiert, sondern so verarbeitet, wie es gefunden wurde.

In den Gräbern des alten Mykenae in Griechenland, die aus dem zweiten Jahrtausend v. Chr. stammen, fanden sich eine Zahl runder Goldblättchen, die mit regelmässigen gepressten Mustern geziert waren, grosse goldene Diademe, Goldbleche und Pokale mit Tiergestalten (Figur 105), goldene Fingerringe, Haarnadeln und Ohrgehänge, Armbänder und Gürtelschlösser, eine goldene Löwenkopf- und Gesichtsmaske (Figur 106) aus Goldblech; in einem der Gräber wurde gar eine Kinderleiche gefunden, die von Kopf bis zu Fuss in Goldblech eingewickelt war.

Ungeheure Schätze von Gold hatten der Sage nach die Könige von Assyrien, Babylon und Persien in ihren Hauptstädten angehäuft, die Tempel waren mit Gold reich geschmückt und Bildsäulen der Götter aus reinem Gold in ihnen aufgestellt. Es wird erzählt, dass aus der Brandstätte von Ninive eine so ungeheure Menge Gold und Silber gefunden worden sei, dass 1000 Kamele nötig waren, um diese Schätze nach Babylon und Egbatana zu bringen. Soviel wird es wohl doch nicht gewesen sein.

Auch Abraham war der Sage nach reich an Gold und Salomons Schiffe holten grosse Goldmassen aus dem Lande Ophir; tatsächlich aber war Salomon nicht so reich an Gold und sein Tempel nicht so mit Gold geschmückt, wie die Schrift berichtet, es

Digitized by Google

sind dies spätere Zusätze. Ophir deutet auf Arabien, und es ist wahrscheinlich nur ein Ort, von dem aus fremde Waren weiter verschickt wurden. Mit der Sonne wurde das Gold verglichen, das hebräische Wort für Gold ›Sahab‹ bedeutet ›von der Sonne beschienen‹, bei den Assyrern bedeutet Gold die Farbe der Sonne und die Alchymisten der späteren Zeit gaben dem Gold das Zeichen der Sonne. Auch andere als die Kulturvölker haben Goldschmuck getragen, in den prähistorischen Tschudengräbern fanden sich Armbänder mit Eidechsenköpfen aus Gold, und die Eingeborenen der neuen Welt trugen Goldblättchen in der durchbohrten Nasenwand.

Dass das Gold so allgemein seit den ältesten Zeiten als Schmuck benutzt wird, erklärt sich aus seinem Vorkommen und seinen Eigenschaften, es findet sich weit verbreitet frei und lose in den Geröllablagerungen der Bäche und Flüsse, behält immer seine Farbe und seinen Glanz, lässt sich leicht bearbeiten, in dünne Blättchen schlagen und in feine Fäden ziehen; es ist das geschmeidigste von allen Metallen.

Das natürliche Gold ist niemals ganz rein, schon Plinius berichtet, dass alles Gold Silber in wechselndem Verhältnis enthält, bald nur $^1/_{10}$, bald $^1/_8$ seines Gewichtes; ein Goldvorkommen enthielt nur $^1/_{36}$ seines Gewichtes an Silber, es war das wertvollste, ein anderes, eine Mischung von $^4/_5$ Gold und $^1/_5$ Silber, wurde Elektrum genannt, jedenfalls wegen seiner hellgelben, der des Bernsteins (elektron bei Homer) ähnlichen Farbe. Die neueren Untersuchungen haben dies vollkommen bestätigt, das reinste natürliche Gold enthält immer noch wenigstens 1—2% Silber, das meiste Gold 5—10% Silber und einige Vorkommnisse, wie die Siebenbürgens, enthalten 25—30% Silber.

Mit dem Silbergehalt ändert sich die Farbe und Dichte; das silberarme Gold zeigt das echte dunkle Goldgelb (Tafel 5, Figur 6 und 7, Gold aus Kalifornien mit 7—10% Silber), während das silberreiche Gold heller goldgelb ist (Tafel 5, Figur 4 und 5, Gold von Vöröspatak mit ungefähr 30% Silber). Die Dichte des reinsten natürlichen Goldes ist = 19, sinkt aber durch den Silbergehalt bis auf 15,6 herab. Reines Gold schmilzt bei 1035°.

Die Härte von Gold ist sehr gering, sie liegt zwischen der von Gips und Kalkspat, darum eignet sich reines Gold wenig zu Münzen und solchen Schmucksachen, die, wie Uhrketten, einigen Widerstand leisten sollen. Um das Gold härter zu machen, wird es mit Kupfer (rote Karatierung), seltener mit Silber (weisse Karatierung) zusammengeschmolzen und der Gehalt dieser Legierungen an Gold, der ›Feingehalt‹, bestimmt ihren Wert; im Deutschen Reich wird angegeben, wieviel Teile Gold in 1000 Teilen der Mischung enthalten sind, der Feingehalt unserer Goldmünzen ist 900, d. h. 1000 Teile der Mischung enthalten 900 Teile Gold und 100 Teile Kupfer. Ein Zehnmarkstück wiegt 3,982 g und enthält 3,585 g Gold und 0,397 g Kupfer, seine Dichte ist 17,2. 279 Zehnmarkstücke enthalten 1 kg feinen Goldes. Früher wurde der Goldgehalt nach Karat angegeben; man teilte die Mark = $^1/_2$ Pfund in 24 Karat und verstand unter 18 karätigem Gold solches, das auf die Mark 18 Karat Gold und 6 Karat Kupfer oder Silber enthielt.

Um den Feingehalt einer Goldlegierung wenigstens annähernd zu bestimmen, bedienen sich die Goldarbeiter des Probiersteins, das ist ein dichter, gleichmässig schwarzer Kieselschiefer, auf dem sie durch gelindes Reiben einen Strich erzeugen; aus der Farbe des Strichs ergibt sich der ungefähre Gehalt der Legierung an Gold, natürlich nur von der Oberfläche der Probe.

Von den gewöhnlichen Säuren wird Gold nicht merkbar angegriffen, nur von Königswasser, einer Mischung von Salzsäure und Salpetersäure oder von andern Chlor entwickelnden Säuregemischen wird der König der Metalle aufgelöst; in ganz geringer, nur eben noch nachweisbarer Menge wird Gold aber auch von einer Lösung unseres gewöhnlichen Kochsalzes aufgenommen, in Spuren ist es in dem Wasser des Ozeans gelöst enthalten,

und doch soll das Seewasser an der australischen Küste nach neueren Bestimmungen und Schätzungen in einer Kubikmeile 130—260 Tonnen (à 1000 kg) Gold gelöst enthalten, es fehlt nur der Chemiker, der es gewinnen könnte.

In einer verdünnten Lösung von Cyankalium ist Gold verhältnismässig leicht löslich, und heute wird es vielfach durch eine solche Lösung von den mit ihm vorkommenden Mineralien, die darin unlöslich sind, getrennt und aus der Lösung durch Elektrolyse abgeschieden; dies Verfahren, als Cyanitverfahren bekannt, hat die früher gebräuchlichen immer mehr verdrängt.

Von Quecksilber wird Gold unter Bildung von Amalgam sehr begierig aufgenommen, und schon die Römer machten von dieser Eigenschaft Gebrauch, um das Gold von alten Gewändern zu trennen, oder es aus goldführendem Sand zu gewinnen, und auch heute noch wird das Gold aus feinstem Goldsand durch Quecksilber ausgezogen, darauf das Goldamalgam durch Erhitzen in Gold und Quecksilber wieder zerlegt.

Aber wozu Verfahren zur Abscheidung von Gold ersinnen, da doch das Gold in freiem Zustand in der Natur vorkommt? Dies ist allerdings richtig, aber das meiste Gold findet sich so fein verteilt, dass es durch bloss mechanische Mittel nicht gewinnbringend abgeschieden werden kann.

In der Natur findet sich das Gold eingewachsen im festen Gestein und heisst dann »Berggold« (Tafel 5, Figur 11, 13) oder lose in zertrümmertem Fels in den Geröllablagerungen von Bächen und Flüssen, den »Seifen« und heisst dann »Seifengold« oder, da es durch Waschen daraus gewonnen wird, »Waschgold« (Tafel 5, Figur 6, 7). In allen Goldländern ist zuerst das Gold als Seifengold gefunden und erst später wurde das viel schwieriger abzubauende Berggold gewonnen.

Das Berggold findet sich meist mit Quarz verwachsen auf Gängen in kristallinischen Schiefern (Gneis, Glimmerschiefer u. a.), in Granit und verwandten Tiefengesteinen und in vulkanischen Gesteinen, die dem Trachyt nahestehen. Der Quarz, wegen des Goldgehaltes Goldquarz genannt, ist nicht gleichmässig in seiner ganzen Masse mit Gold imprägniert, sondern dies ist auf feinsten Adern besonders angereichert (Tafel 5, Figur 13), die man wohl als »Adelsvorschub« bezeichnet. Im ganzen nur selten ist das Gold so gross, wie in dem abgebildeten Stück, meistens ist es in äusserst feinen Schüppchen oder Stäubchen in den Quarzkörnern eingesprengt oder zwischen ihnen eingeklemmt, so dass man manchmal mit blossem Auge gar kein Gold wahrnimmt. Seltener tritt das Gold in grösseren Klumpen im Quarz eingewachsen als Berggold auf, der grösste von allen wog 43,08 kg und wurde in der Monumental-Mine Sierra Cty, Kalifornien, gefunden. Ein an Gold ungewöhnlich reicher Block aus der Muszarigrube bei Brad an der westlichen Grenze des Csetrasgebirges in Siebenbürgen enthielt 57,7 kg (nach einer anderen Angabe 67,7 kg) Feingold, welches als hochkarätiges Feingold in kleinen blättchenförmigen Kristallen zu moosförmigen Gebilden angehäuft und mit Zinkblende und Markasitkristallen auf Quarz aufgewachsen war. Der häufigste Begleiter von Gold im Quarz ist Schwefelkies, der immer goldhaltig ist und bei dessen Verwitterung Gold frei wird, während aus dem Eisen des Kieses Brauneisenstein hervorgeht (Tafel 5, Figur 14). So kommt es, dass sich im »eisernen Hut« der Gänge Freigold findet, während es in grösseren Tiefen im Schwefelkies enthalten ist. Das Gold ist diesem zum Teil in feinsten Blättchen so beigemengt, dass es noch durch Amalgamation von ihm getrennt werden kann, oft ist es aber so innig mit ihm verbunden, dass es nur durch Verhüttung ausgebracht werden kann.

Deutliche Kristallisation ist bei dem von Quarz umschlossenen Gold selten, wohl aber finden sich Kristalle auf Hohlräumen oder in nachgiebigem Gesteinsmaterial, aber immer sind sie klein und meist stark verzerrt und in Zwillingsstellung miteinander verwachsen.

Drei sehr gute Kristalle sind auf unserer Tafel dargestellt: in Figur 1 ein kleiner scharfer Kristall, Würfel mit kleinen Oktaederflächen von Vöröspatak, die Grösse der einzelnen Kristalle von diesem Fundort übersteigt selten 3 mm, in Figur 2 Würfel mit Oktaeder vom Mount Ararat in der Kolonie Viktoria, Australien, und in Figur 3 ein Rhombendodekaeder von Ballarat in der Kolonie Viktoria, die beiden letzteren wahrscheinlich Waschgold.

Ein wahres Prachtstück ist das auf der Tafel 5 in Figur 4 in natürlicher Grösse und auf Tafel 7 in Figur 1 a und b in zweimaliger Vergrösserung abgebildete »Goldblech« aus der Sammlung des Herrn Gustav Seligmann in Koblenz. Dem Laien schon muss es gefallen wegen des glitzernden Glanzes und der zierlichen Zeichnung seiner Flächen, der Mineralog bewundert es wegen des gesetzmässigen Baues, durch den die Teilchen zum Ganzen vereinigt sind. Das ganze Stück besteht aus vielen nebeneinander und übereinander liegenden kleineren Blechen, die zum Teil einen ganz regelmässigen sechsseitigen Rand haben und eben sind, zum Teil weniger scharf umrandet, umgebogen und zusammengerollt sind. Die Ebene des Bleches ist auf beiden Seiten mit einer feinen dreieckigen Zeichnung versehen, das Muster ist auf der einen Seite etwas stärker ausgeprägt als auf der anderen (Figur 1 a und b auf Tafel 7). Die kleinen aus der Ebene des Blechs hervorragenden Dreieckchen sind zum Teil durch eine kleine Oktaederfläche abgestumpft, ihre drei schmalen Flächen gehören einem Ikositetraeder an und viele solcher Dreieckchen, dicht aneinander gereiht, bald mehr, bald weniger hervorragend, bilden das »Blech«, dessen Ebene der einen, die Dreieckchen abstumpfenden Oktaederfläche parallel geht; die sechsseitige Umrandung des Blechs wird durch sechs andere Flächen desselben Ikositetraeders bewirkt. Die Dreieckchen auf der einen Seite sind gegen die auf der anderen um 180° gedreht, das »Blech« ist ein Zwillingsgebilde, bei dem die der abstumpfenden Oktaederfläche parallele Ebene des Blechs die Zwillingsebene und Verwachsungsfläche ist. Nun sieht man ferner, dass an einzelnen Stellen die Dreieckchen gewendet zu einander liegen (Tafel 7, 1 a), so dass hier die einen ihre Spitzen den Spitzen der andern zukehren. Dies beruht gleichfalls auf Zwillingsbildung, nur fällt an diesen Stellen die Verwachsungsfläche nicht mit der Zwillingsebene zusammen, sondern ist senkrecht zu ihr. So zeigt sich bis in die feinsten Einzelheiten hinein ein streng gesetzmässiger Bau und man wird nicht müde, ihn immer aufs neue zu bewundern, schade, dass sich die volle Schönheit im Bild nicht wiedergeben lässt.

Ein eben solches Goldblech, weniger fein gebaut und ohne die regelmässige Umrandung, ist in Figur 5 der Tafel 5 abgebildet; ein anderes von zierlichstem sechsstrahligem Bau, goldene Sterne, Netz- und Maschenwerk von einer Feinheit des Gefüges, dass ein Laie kunstvolle Goldbrokatarbeit zu erblicken glaubt, befindet sich in dem mineralogischen Museum zu Bonn und ist von G. vom Rath beschrieben worden.

Ausser in Kristallen und Blechform findet sich Berggold in drahtförmigen Gebilden (Tafel 5, Figur 14), die gewiss auch in sich ganz gesetzmässig gebaut sind, dies aber nur sehr schwer erkennen lassen.

Die goldführenden Gesteine werden von den Atmosphärilien zerstört und durch das Wasser fortgeschwemmt; das schwere Gold natürlich nicht so weit wie der leichte Quarz; seit undenklichen Zeiten geht dieser Aufbereitungsprozess vor sich und die Seifen werden hierdurch sehr viel reicher an Gold als die Gänge, aus denen es stammt. Aus den lockeren Geröllen ist das Gold durch Waschen leicht zu gewinnen, und so ist es ganz natürlich, dass in jedem Goldland die erste Ausbeute die reichste war, dass aber auch das Schwemmland bald ausgebeutet ist und die weitere Produktion davon abhängt, ob die Gewinnung des Berggoldes durch mühseligen Bergbau und kostspielige Aufbereitung sich lohnt. Zur Zeit ist die Produktion an Berggold erheblich grösser als die von Waschgold.

Das freie Seifengold oder Waschgold hat die mannigfaltigste Gestalt, nur nicht die der andern Gerölle, weil es sehr zäh und geschmeidig ist und darum eher durch den Druck geformt oder zu Blättchen ausgewalzt, als durch Rollen und Reiben gerundet wird. Im ganzen selten ist das Seifengold noch mit Quarz verwachsen, ein ganz hervorragend schönes Stück stellt Figur 12 unserer Tafel 5 dar, das aus dem Ural stammt (ohne genauere Fundortsbezeichnung) und als ein Vermächtnis der Königin Olga im Besitz des Naturalienkabinetts in Stuttgart ist. Der Quarz ist rissig, von Goldadern durchzogen, die nach dem Rande hin besonders stark werden, so dass das herrliche Stück in einem von der Natur geschaffenen Goldrahmen gefasst ist. Der spröde Quarz wird durch das Rollen und Stossen im Wasser herausgesprengt, das geschmeidige Gold zusammengepresst; man kann sich vorstellen, dass die grossen Goldklumpen in den Seifen auf diese Weise aus grösseren Goldquarzstücken entstanden sind. Auch in Figur 8 auf der Goldtafel ist ein Stück Waschgold mit Quarz verwachsen abgebildet, als Fundort leider nur Mexiko angegeben, vielleicht stammt es aus Kalifornien, das ja bis zum Jahre 1848 zu Mexiko gehört hat. Da der Quarz hier aus einzelnen Körnern besteht, die wie abgerollt aussehen, könnte man wohl auch denken, die Quarzkörner seien durch später eingedrungenes Gold verkittet, es wird aber wohl auch hier eine ursprüngliche Verwachsung vorliegen; die weiss gelassenen Stellen sind Löcher im Stück, der Quarz ist hier verschwunden.

Von Quarz freies Waschgold ist in den Figuren 6, 7 und 9 abgebildet, die beiden ersteren Stücke sind aus Kalifornien, das letztere, etwas blasig, mit feinem braunen Ueberzug, aus Surinam.

Die hier abgebildeten Stücke von Seifengold sind verhältnismässig gross, meist ist es viel kleiner und bildet winzige Blättchen und Körnchen. Der grösste Goldklumpen aus Seifen — »nugget« werden sie von den Engländern genannt — ist in der Kolonie Viktoria in Australien gefunden und wog 70,9 kg, der grösste Goldklumpen des Ural, 1842 bei Miask gefunden, wog 36 kg.

Keins von den edlen Metallen ist so allgemein verbreitet, wie das Gold, aber auch keins so gesucht, darum sind die ehemaligen Goldfelder und Goldlager in den alten Kulturländern fast alle so weit ausgebeutet, dass sich heute der Gewinn nicht mehr lohnt, die Gebiete reicher Goldproduktion liegen stets an der Grenze der von der Kultur erreichten und erforschten Länder, die Goldfunde in Transvaal und Alaska bestätigen neuerdings diesen alten Erfahrungssatz.

In Deutschland führen der Rhein*) und einige andere Flüsse und Bäche Gold in ihren Geröllen, der Rhein von der Einmündung der Aar an, an welcher selbst Goldwäschen bestanden. Das meiste Rheingold wurde längs des Flusslaufes schon in alter Zeit abgesetzt und wurde besonders da gewonnen, wo der Rhein ein Stück altes Ufer eingerissen hatte. Die meisten Goldwäschereien lagen zwischen Kehl und Daxlanden, besonders in der Gemarkung Helmlingen. Die Zahl der badischen Goldwascher belief sich im Jahre 1838 noch auf 400 und von 1804—1834 betrug die zur Münze gelieferte Gesamtausbeute etwas über 3 Zentner, welche 209075 Gulden wert war. Da klingt es nicht so unwahrscheinlich, dass im Rheinsande zwischen Basel und Mannheim Gold im Werte von mindestens 170 Millionen Franks begraben sei, wie Daubrée berechnet hat. Der grösste Klumpen der in Deutschland je bekannt geworden ist, wurde im Jahre 1826 im Grossbach bei Enkirch an der Mosel gefunden und wog 66 g.

*) Bei Angabe der Fundorte der Mineralien habe ich das Handbuch der Mineralogie von C. Hintze benutzt, der Kundige aber wird sehen, dass ich auch aus anderen Quellen geschöpft habe. Die Fundorte der auf den Tafeln abgebildeten Mineralien habe ich möglichst genau zu ermitteln versucht, wenn die Angaben auf den Etiketten nicht ausreichten.

Aus der Eder wurde Gold angeblich schon unter Karl dem Grossen gewaschen; der erste Dukaten aus Edergold ist im Jahre 1677 unter Landgraf Karl geprägt worden mit der Aufschrift: Moneta prima aurea Aederae Aurifluae, die Reversseite zeigt eine Edergegend (Gudensberg, Felsberg) mit dem Flussgott; darauf wurden Ederdukaten im Jahre 1731 unter Landgraf Friedrich I., König von Schweden, geprägt mit der Aufschrift Eddergold (Figur 107), und 1775 unter Landgraf Friedrich II. mit der Umschrift auf der Reversseite: Sic. Fulg. Litora. Adranae. Auri. Fluae. (Figur 108). Im Jahre 1832 hat sich eine »Hessisch-Waldeckische Kompagnie zur Gewinnung des Goldes aus dem Ederfluss« mit einem Grundkapital von 400000 Talern unter Leitung des Herrn von Eschwege gebildet, im Jahre 1833 hat sie 18 Lot und $1^1/_4$ Quentchen, also 300 g Gold gewaschen, 2 Jahre darauf war das Kapital verbraucht; danach wurde von einzelnen Bauern bis in die fünfziger Jahre noch Gold gewaschen, bald aber jeder weitere Versuch als nicht lohnend aufgegeben. Die von der Aktien-Gold-Wäsche geprägten Dukaten sind mit anderem Gold vermischt, weil die ersten Proben mit reinem Edergold schlecht ausfielen und sich schieferten.

Fig. 107. Fig. 108.

Dukaten aus Edergold.

Goldwäschen haben in Deutschland ferner bestanden in Bayern an der Donau, Salzach, Alz, dem Inn, der Isar und Ammer, im Fichtelgebirge an mehreren Flussläufen, ebenso in Thüringen und Schlesien; von grösserer Bedeutung sind hier die Arsenerze von Reichenstein, die 3—4 g Gold in der Tonne Roherz enthalten, und aus deren Gold die Taufgefässe unseres Deutschen Kaiserhauses angefertigt sind. Das meiste Gold, das in Deutschland gewonnen wird, stammt aus Bleiglanz, Kupferkies, Schwefelkies, Blende und anderen zum Teil importierten Erzen, in denen es in äusserst geringer Menge enthalten ist.

In früherer Zeit ist sehr viel Gold in den Salzburger und Kärntener Alpen gewonnen worden, jetzt wird nur noch am Goldberg von Rauris an der Grenze des ewigen Schnees und am Rathausberg bei Gastein Bergbau betrieben, die Ausbeute ist gering, während sie vor einigen hundert Jahren noch so erheblich war, dass die Kirchenfürsten von Salzburg die Kosten für die prächtigen Bauten Salzburgs daraus bestreiten und noch viel Gold zu Münzen prägen konnten. Spanien hat den alten Römern grosse Mengen Gold geliefert, längst ist es ausgebeutet; Plinius nennt Asturien das goldreichste Land der Erde, auf 20000 Pfund schätzt er die Goldmenge, die jährlich aus Spanien nach Rom geschafft wurde — vergangene Zeiten. Heute ist nur noch ein Land in Europa verhältnismässig reich an Gold, das ist Ungarn mit Siebenbürgen, auf der Innenseite des grossen karpathischen Bogens. Die wichtigste Rolle als Träger der edlen Lagerstätten spielen hier tertiäre trachytische Eruptivgesteine, in denen oder deren Nachbarschaft die goldführenden Quarzgänge auftreten. Der Bergbau von Schemnitz in Ungarn ist der älteste im mittleren Europa, schon um Christi Geburt soll er bestanden haben; die Erze bestehen im grössten Teil des Ganges aus gold- und silberhaltigem Bleiglanz, Blende, Kupferkies und Schwefelkies mit nur wenig Freigold; dasselbe gilt für Kremnitz. Ungewöhnlich reich an Freigold sind dagegen Gruben in der Nähe des Städtchens Brad an der westlichen Grenze des Csetrasgebirges in Siebenbürgen, besonders die von Muszari, die zur Zeit die ertragreichste Grube im Erzgebirge ist; besonders reich an Gold sind die Gänge da, wo sie von einem andern Gang durchkreuzt werden, an den »Gangscharungen«, was überhaupt ganz allgemein der Fall ist. Das Gold tritt hier in Form von Blättern und Blechen auf, ist begleitet von goldhaltigem Schwefelkies, einer tiefschwarzen Zinkblende, andern Erzen und, wie immer, von Quarz. Im Durchschnitt enthielten die Erze in der Tonne 1000 g

Digitized by Google

Gold, stellenweise ist ein Gehalt von 5 kg Gold in der Tonne festgestellt worden. Aus dieser Grube stammt auch der oben erwähnte grosse Klumpen von Freigold. Die Produktion dieser Grube an Rohgold (silberhaltigem Gold) wird für das Jahr 1895 auf 732 kg angegeben. Ebenfalls reich waren die Golderze aus den Gruben bei dem Dorfe Boicza, deren im Frühjahr 1897 geförderte Pocherze in der Tonne 2050 g Rohgold enthielten, mit durchschnittlich 668 Teilen Gold und 310 Teilen Silber in 1000 Teilen Rohgold. Die Jahresproduktion für 1895 betrug 294 kg Gold und 166,7 kg Silber.

Am bekanntesten von allen siebenbürgischen Goldlagerstätten sind die von Vöröspatak, wegen der ausgezeichneten, dort gefundenen Goldkristalle, von denen wir auf unserer Tafel 5 in Figur 1, 4, 5 und 11 einige Beispiele abgebildet haben. Die teils an den Drusenwänden aufgewachsenen, teils in die tonige Füllung der Drusen eingebetteten und dann allseitig frei entwickelten Kristallaggregate zeigen manchmal eine regelmässige Ausbildung der einzelnen Flächen, meist sind sie zu Zwillingskristallen verwachsen, besonders charakteristisch für Vöröspatak sind die zierlich gebauten Goldbleche, von denen wir oben eines der schönsten beschrieben haben. Die in weiche Tonmassen eingebetteten Goldbleche sind manchmal wie Zwiebelblätter eingerollt. Auch drahtförmige, vierkantige Goldkristalle, aus deren Ende blattförmige Kristalle herausgewachsen sind, sind vom Vöröspatak bekannt geworden. Dieses »Drusengold« wird von manchen für eine spätere Bildung gehalten und soll aus dem kristallinen und dem an Schwefelkies geknüpften Gold entstanden sein. An Produktion steht Vöröspatak gegenüber den andern genannten Goldlagerstätten Siebenbürgens zurück, immerhin sind noch heute in diesem Revier 172 kleine Gewerkschaften tätig und mit dem Wasser von 5 Kunstteichen werden über 6000 Pochstempel in Bewegung gesetzt, meist ist das Gold im Gestein so fein verteilt, dass man es mit blossem Auge gar nicht sieht.

In Bosnien ist von den alten Römern Gold gegraben worden; die alten umfangreichen Goldwäschen liegen nordwestlich von Serajewo im oberen Flussgebiet des Vrbas, im Tale der Lasva und in der Umgebung von Fojnica.

Im Russischen Reich findet sich Gold am Ural, im Altai, in Transbaikalien, im Gouvernement Olonez, im Gouvernement Jenisseisk, in Kamtschatka, und an der dem Kap Nome in Alaska gegenüberliegenden Küste Ostsibiriens. Am Ural kommt das gediegene Gold an mehreren Stellen im Gestein eingewachsen vor und dies Berggold ist sogar eher entdeckt worden (1745) als das Seifengold; so tritt es in der Umgebung von Beresowsk bei Jekaterinburg am Ostabhang des Urals mit goldhaltigem Schwefelkies und Kupfererzen in Quarzgängen auf, die ein granitisches Gestein (Beresit) durchsetzen oder wenigstens an dieses gebunden sind. Der Goldgehalt der Gänge beträgt etwa 13 g pro Tonne. Sehr viel wichtiger sind die verbreiteten Goldseifen am Ostabhang des Urals bei Bogoslowsk, Nischne Tagilsk, Beresowsk, Miask und Orenburg; die goldführenden Sande und Gerölle lagern hier fast immer direkt auf dem Grundgebirge und sind von andern goldfreien Geröllen, Sanden und Torf in wechselnder Mächtigkeit, die bis zu 20 m ansteigen kann, bedeckt. Das uralische Gold findet sich meistens in kleinen Körnchen und Schüppchen, oft in ganz feinen staubartigen Teilen, seltener in Kristallen oder in grösseren Stücken. Ein solches, noch mit Quarz verwachsen, zeigt Figur 12 unserer Tafel, über den grössten im Ural gefundenen Goldklumpen haben wir schon berichtet (S. 70). Der Silbergehalt beträgt 6—8 %, doch finden sich auch Körner, die 16 % enthalten und andere mit nur $^1/_2$ %. Die Goldseifen in der Gegend der Hütte von Bissersk sind durch die Entdeckung des ersten Diamanten im Ural besonders bekannt geworden; sonst findet sich in Begleitung des Goldes im Ural nicht selten Platin. Die Goldproduktion des Urals betrug im Jahre 1899 10448 kg.

Das Gold des Altai ist silberreich, licht messinggelb und findet sich in dünnen, moosartig zusammengehäuften kleinen Blättchen aufgewachsen und in kleineren Blechen eingewachsen am Schlangenberg und frei in Seifen. Auf den andern Goldlagern Ostsibiriens wird das Gold aus Seifen gewonnen, an der Gesamtproduktion Russlands ist Ostsibirien mit ca. 60 % beteiligt.

Das bekannteste und reichste Goldland ist unstreitig Kalifornien, dessen Seifen seit dem Jahre 1848 ausgebeutet wurden, nachdem schon vorher vereinzelt Gold gefunden war. Fabelhafte Schätze hat Kalifornien seither geliefert, die Gesamtausbeute der letzten 50 Jahre wird auf 5¼ Milliarde Mark geschätzt (genau auf 5 276 706 632 Mark), so dass in einem Jahr durchschnittlich für 105 134 132 Mark Gold gewonnen wurde, die Ausbeute in den ersten 30 Jahren lag über diesem Durchschnitt, die der letzten Jahre darunter und beträgt zur Zeit etwa 60—70 Millionen Mark. Dieser Rückgang erklärt sich daraus, dass zuerst die Seifen abgebaut wurden und später die Gänge. Die kalifornischen Goldseifen bilden einen etwa 700 englische Meilen langen Zug an den untern westlichen Gehängen der Sierra Nevada und liegen teils in den jetzigen, teils in ehemaligen Flussbetten, teils in Geschiebelagern, die der Tertiärzeit angehören; die letzteren sind oft von jüngeren Basalten und ihren Tuffen bedeckt. Die Seifen in den jetzigen Flussläufen sind nahezu ausgebeutet, die höher gelegenen wurden durch gewaltige, unter hohem Druck stehende und von weit hergeführte Wassermassen ausgewaschen, der abgespülte Sand und das Gerölle breiteten sich verheerend über die Niederungen aus, erforderte doch die Ausbeute von 2 Millionen Dollars die Fortschwemmung von fast 35 Millionen Kubikmeter Schutt, mit welchen man 35 qkm 1 m hoch bedecken konnte! Gegen diesen Länder verwüstenden Betrieb protestierten die Landbesitzer und er ist seit 1887 durch Staatsgesetz verboten. Das Gold ist in den Seifen zuweilen in ziemlich grossen Stücken gefunden worden, zwei solcher sind auf unserer Tafel 5, Figur 6 und 7 abgebildet, meist fand es sich auch hier in feinsten Körnchen und winzigen Blättchen, deren Silbergehalt etwa 10 % beträgt. Das meiste kalifornische Gold wird heute bergmännisch aus Gängen gewonnen, in denen es, wie immer, in Quarz eingewachsen vorkommt (Tafel 5, Figur 13) und von goldhaltigem Schwefelkies begleitet ist und auch hier wieder meist so fein verteilt, dass man es mit blossen Augen gar nicht sieht; oft ist es vollständig an den Schwefelkies gebunden, so dass in vielen Gruben freies Gold nicht vorkommt. Der durchschnittliche Goldgehalt der geförderten Erze beträgt 15—20 g pro Tonne. Die goldführenden Quarzgänge bilden ein ausgedehntes Ganggebiet auf dem sanft nach den grossen Längstälern des Sakramento und des St. Joaquin abfallenden Westhange der Sierra Nevada und sind ihrer Entstehung nach an die in demselben Gebiet weit verbreiteten Granitgesteine gebunden. Der Hauptgang, der «Muttergang» eigentlich ein Zug von parallelen, oftmals unterbrochenen Quarzgängen, zieht sich in einer Länge von über 120 km hin, ihm geht der reichste Grubenzug entlang.

Die weiter nördlich gelegenen Gebiete an der Westseite von Nord-Amerika sind gleichfalls reich an Gold, so britisch Kolumbien, besonders aber das unwirtliche Alaska. Reiche Goldseifen sind hier erst in dem letzten Jahrzehnt entdeckt worden und noch mehr darf man wohl von diesem bis jetzt so wenig durchforschten Lande erwarten. Die reichsten Goldfelder liegen im kanadischen Yukonbezirk im Gebiete des Klondike, eines Nebenflusses des Yukon unweit des Fort Reliance unter 64° nördl. Breite und 139° westl. Länge, besonders am Bonanza-Bach, jetzt Eldorado genannt, und sind im Herbst 1896 endeckt worden; tausende von Goldsuchern aus aller Herren Länder strömten bald hier zusammen und eine neue Stadt Dawson City wuchs aus der Erde; zwei Jahre nach der Entdeckung des Goldes befanden sich in ihr schon 20000 Menschen, dabei sinkt die Temperatur im Winter bis auf — 55° C. Das aus kristallinischen Schiefern bestehende

Grundgebirge wird wieder von Granit durchbrochen, der von goldführenden Quarzgängen begleitet ist; die goldführenden Sande lagern in der Regel direkt auf den Schiefern des Grundgebirges. Auf kilometerlange Strecken ruht ein 10 Fuss mächtiges Gerölle auf dem Gestein, das im Mittel 120—160 Mark Gold auf den Kubikmeter enthält, sodass ein Längenfuss des Grund und Bodens in diesem Gebiet oft 4000 Mark wert ist! Die Seifen gehören zu den reichsten, die überhaupt je angetroffen worden sind, es scheint aber, als ob die reichsten Seifen schon ziemlich ausgebeutet seien. Das Gold ist verhältnismässig grosskörnig, das meiste wie grober Sand und enthält durchschnittlich 75% Feingold. Ungefähr in derselben Breite an den Gestaden des Behringsmeers im Gebiet von Kap Nome liegen reiche, erst seit dem Sommer 1899 ausgebeutete Goldseifen die an der gegenüberliegenden Küste von Ostsibirien ihre Fortsetzung finden.

Ausser Kalifornien sind auch andere Länder der Vereinigten Staaten reich an Gold, die Produktion Kaliforniens wird heute durch die von Colorado übertroffen. Sehr reich an Gold ist der Staat Nevada, in dessen Gebiet sich der berühmte Comstockgang befindet, der reichste von allen Gängen, die je bekannt geworden sind; aus seinen Erzen, die aus gediegenem Gold, Silberglanz, Stephanit, Polybasit und anderen bestanden, ist in den Jahren 1860—1892 Gold im Wert von 600 Millionen Mark und Silber im Wert von 900 Millionen Mark gewonnen worden; er ist in seiner ganzen Länge und bis zu einer Tiefe von 900 m abgebaut, da machten einbrechende Quellen mit einer Temperatur von 77° C jede weitere Ausbeute unmöglich. Der Gang füllt eine Spalte aus, die zwischen vulkanischen Gesteinen aus der Familie der Andesite, wie in Ungarn, sich gebildet hatte und zweifellos stammt seine Füllmasse, die Erze und Quarz, aus der Tiefe, aus der vorher die vulkanischen Massen hervorgebrochen waren und aus der jetzt noch die heissen Wasser quillen.

Von Kalifornien weiter nach Süden findet sich gediegen Gold im westlichen Mexiko, dem westlichen Kolumbien, Peru, Chile, bis hinunter zur Magellanstrasse und in vielen andern Gebieten von Südamerika, besonders reich sind die Goldseifen von Surinam (holländisch Guyana), Britisch Guyana und Venezuela im nördlichen Südamerika. In den genannten Ländern des westlichen Südamerikas ist das Gold im Küstengebiet wieder an granitische Gesteine, in den Anden auch an jüngere, vulkanische Gesteine, Liparite, gebunden und ist in Chile ausser von Schwefelkies immer von Kupfererzen begleitet, oft von Turmalin, während die Hauptgangart, wie immer, Quarz ist. Eine Goldstufe, offenbar aus dem »eisernen Hut« eines Ganges ist in Figur 14 Tafel 5 abgebildet; aus dem Eisengehalt der begleitenden Erze ist Brauneisenstein geworden, der Goldgehalt als Freigold ausgeschieden. In Surinam treten ausser kristallinischen Schiefern und Granit auch basische Eruptivgesteine, besonders Diabas auf und gerade dieser soll goldhaltig sein. Bei seiner Verwitterung ist das Gold in die Seifen gelangt, die die nordwärts strömenden Flüsse begleiten, die meisten liegen am Suriname. Das Gold hat auch hier meist nur die Form feiner Stäubchen und Körnchen, grössere Klumpen sind selten, einer, der 33 g wiegt, ist in Figur 9 unserer Tafel abgebildet. Die Ausbeute in Surinam erreichte 1891 mit 1237 kg ihren höchsten Stand.

Die Goldlager Australiens sind ungefähr gleichzeitig mit denen Kaliforniens entdeckt, werden seit dem Jahre 1851 im grossen ausgebeutet und liefern seitdem ununterbrochen reiche Schätze, sodass Australien (mit Tasmanien und Neu-Seeland) an erster, zweiter oder dritter Stelle unter den Goldländern steht. In allen Kolonien Australiens kommt Gold vor und findet sich in abbauwürdiger Menge in den archaeischen und palaeozoischen Formationen, dann wieder im Tertiär und auf diluvialen oder jüngeren Seifen und zwar in den verschiedenartigsten Lagerstätten, als Gang wie als Lager und eingesprengt in Eruptivgesteinen (Basalt), auf den Gängen wieder zusammen mit Quarz

und am häufigsten von Schwefelkies begleitet. Ein Stück Gold in rissigem Quarz haben wir auf unserer Goldtafel in Figur 10 abgebildet, ebenso zwei Goldkristalle, alle aus der Kolonie Viktoria stammend.

Von allen Goldlagerstätten in Afrika sind die am Witwatersrand, dem »Rand«, in Transvaal bei weitem am wichtigsten; im Jahre 1884 wurde das Gold hier entdeckt, die Ausbeutung ging aber nicht so stürmisch vor sich, wie etwa in Kalifornien, weil das Gold nicht im Schwemmland auftritt und das goldführende Gestein so ganz anderer Natur war, als das, was man bis dahin kannte. Es ist ein Konglomerat, das aus tauben- bis hühnereigrossen Geröllen von Quarz besteht, die durch ein kieseliges Bindemittel verkittet sind. In diesem sind mikroskopisch kleine Kriställchen oder unregelmässige Körnchen von gediegen Gold und besonders goldhaltigem Schwefelkies eingesprengt, nur sehr selten sind die Goldkörnchen so gross, dass man sie schon mit blossem Auge sehen könnte. Die Konglomerate lagern auf andern Sedimentgesteinen, werden überlagert von einer mächtigen Decke von Diabasmandelstein und sind mit all diesen Gesteinen gefaltet und von Verwerfungen durchzogen. Die Gewinnung des Goldes ist durch die Art seines Vorkommens ungemein erschwert, an Wasser und Holz ist das Land sehr arm, nur Kohlenlager sind genügend in der Nähe vorhanden. Zur Anlage der Bergwerke und zu ihrem Betrieb bedurfte es grosser Kapitalien, die dann freilich auf vielen Minen unerwartet hohe Erträge brachten. Der durchschnittliche Goldgehalt beträgt etwa 23—30 g in der Tonne. Dass diese reichen Goldlager dem Lande der Buren wenig Segen gebracht haben, ist bekannt. Im Jahre 1884 wurde das erste Gold am Witwatersrande entdeckt, im Jahre 1886 wurde die Stadt Johannisburg in der Nähe der Goldfelder gegründet, der Bergbau dehnte sich mit jedem Jahre weiter aus, 1893 waren 70 Bergwerke im Betrieb mit einem Reinertrag von 45980 kg Gold, im Jahre 1898 erreichte die Jahresproduktion 110860 kg Gold im Werte von 295 Millionen Mark, um nach zwei Kriegsjahren auf den Betrag von 19 Millionen Mark zu sinken. Das Gold in Aegypten tritt in Quarzgängen auf, die den Granit durchsetzen; der Granit selbst wird von Quarzporphyr und anderen Eruptivgesteinen durchbrochen und je zahlreicher diese Gesteinsgänge sind, um so reicher an Gold sind die benachbarten Quarzgänge. In einem Gerölle, das ich bei Herrn Oberbergrat Dr. Chelius in Darmstadt gesehen habe und das von den Blauen Bergen am oberen Nil stammt, bildet das Gold im Quarz zierliche Wachtumsformen, ähnlich denen von Silber Tafel 6, Figur 7, wie ich es sonst bei Gold noch nicht gesehen habe. Die Goldgruben Aegyptens sind wahrscheinlich die ältesten, die je in Betrieb gewesen sind und haben jedenfalls den nicht geringen Goldbedarf der ältesten Kulturvölker in der Hauptsache gedeckt.

Golderze. Verbindungen von Gold mit andern Elementen spielen als Golderze nur eine ganz untergeordnete Rolle, es kommen nur Tellurverbindungen in Betracht, Schrifterz und Blättererz.

Schrifterz oder Sylvanit (Tafel 8, Figur 1) hat seinen Namen nach der Gestalt der Kristalle, sie sind klein, prismatisch und lagern sich unter Winkeln von ungefähr 110° aneinander, wodurch schriftähnliche Figuren entstehen; dass die Kristalle monoklin sind, kann man nur sehr selten sehen; die Fläche, mit der sie dem Muttergestein aufgewachsen sind, entspricht dem Klinopinakoid. Sie sind metallisch glänzend, weiss bis stahlgrau und enthalten 30% Gold, 10% Silber und 60% Tellur.

Blättererz oder Nagyagit (Tafel 8, Figur 2) bildet schwärzlich bleigraue, schwachmetallisch glänzende, blattförmig dünne Ueberzüge auf dem Gestein und enthält 6—8% Gold, 54—61% Blei, 15—32% Tellur, etwas Silber, Antimon und Schwefel; es ist von beiden das häufigere.

Beide treten immer zusammen auf und finden sich mit geschwefelten Erzen auf Gängen in quarzhaltigen Eruptivgesteinen (Dacit) bei Nagyag (hauptsächlich Blättererz)

und Offenbanya (hauptsächlich Schrifterz) in Siebenbürgen, in Calaveras Co. in Kalifornien, in Boulder Co. in Colorado und in West-Australien. Hier treten sie wie in Siebenbürgen gangförmig auf und werden namentlich in den Coolgardie-Goldfeldern ausgebeutet. G. vom Rath erzählt, dass der Gewinn aus den Bergwerken von Nagyag durch Erzdiebstahl sehr beeinträchtigt wird, zu welchem bei dem hohen Werte des Erzes und der leichten Darstellung des Goldes aus demselben die Versuchung eine sehr grosse ist. Obgleich alle erdenklichen Vorsichtsmassregeln getroffen sind, namentlich die Arbeiter täglich der sorgsamsten Visitation unterworfen werden, das Stollenmundloch mit drei schweren, eisernen Türen verschlossen ist, konnte diesem Uebelstand doch nicht vorgebeugt werden. In den Schuhen, in hohlen Stöcken oder Aexten tragen die Arbeiter das Reicherz aus der Grube, oder verschlucken es und entledigen sich desselben ausserhalb der Grube; nicht immer gelingt ihnen dies und dann sterben sie unter ähnlichen Erscheinungen wie bei Darmverschlingungen.

Ausser in diesen beiden Mineralien finden sich Spuren von Gold in Schwefelkies, Bleiglanz, Kupferkies, Zinkblende, Arseneisen, Antimonglanz und andern, sodass diese dann immerhin als Golderze angesprochen werden können; alles Feingold, das in Deutschland gewonnen wird, stammt aus solchen Erzen.

Die Verwendung von Gold ist bekannt, bei weitem das meiste wird zur Münze ausgeprägt (vergl. S. 68), sehr beträchtliche Mengen werden zu Gerätschaften, Schmucksachen, Uhren, Vergoldungen verarbeitet, viel Gold wird in der Photographie und Porzellanindustrie verbraucht und dem Verkehr vollständig entzogen, das gleiche gilt von dem Gold, das durch Abnutzung der Münzen und Schmucksachen allmählich verloren geht. In Quarz eingewachsenes Gold wird mit diesem geschliffen und als Schmuckstein getragen.

Die Gesamtproduktion*) an Gold, die im Jahre 1883 auf 403 Millionen Mark geschätzt wurde, stieg im Jahre 1899 auf 1225 Millionen Mark, sie hatte sich in diesem Zeitraum durch die überaus reiche Ausbeute der Goldminen Transvaals verdreifacht; von den vier Hauptgoldländern lieferten im Jahre 1898 Transvaal mit 78 Millionen Dollar 27 % der Gesamtproduktion, die Vereinigten Staaten 22 ½ %, Australien 21 ½ % und Russland 8 ½ %, alle vier Länder 79 ½ % von der Goldausbeute der Welt; an fünfter Stelle stand damals schon Canada durch den Yukon-Distrikt mit etwa 55 Millionen Mark. Durch den südafrikanischen Krieg ist die Produktion Transvaals im Jahre 1900 auf 6845000 Dollar gefallen, die Vereinigten Staaten sind an die erste Stelle getreten, besonders hat sich hier die Produktion in Colorado gehoben.

Vergleicht man gar die Produktion der letzten fünf Jahrzehnte mit der in früherer Zeit, so tritt die ausserordentliche Zunahme deutlich hervor. In den 358 Jahren von der Entdeckung Amerikas bis zur Auffindung der kalifornischen Goldfelder (1493—1850) wurden 4,75 Millionen Kilogramm Gold erzeugt, in den elf Jahren 1885—1895 aber 6,05 Millionen Kilogramm! Die von Anhängern der Silberwährung ausgesprochene Ansicht, dass die Goldausbeute der Erde in absehbarer Zeit erschöpft sein würde, hat bis jetzt keine Bestätigung gefunden, die Ausbeute ist gerade seit jenen Kämpfen um die Währungsfrage über jede Erwartung gestiegen.

In der folgenden Tabelle geben wir eine Uebersicht über die Produktion**) der Goldländer und haben darin nur diejenigen Länder aufgenommen, deren Produktion wenigstens in einem der drei Jahre eine Million Dollar erreicht hat.

---

*) Die Produktion wird oft in Unzen angegeben. Eine Unze ist gleich 31,1 g, der Wert einer Unze Feingold 86,77 Mark. Ein Kilogramm Gold kostet 2790 Mark in Gold.

**) Nach der Zeitschrift für praktische Geologie 1899, S. 407; 1902, S. 387. Aus dieser vortrefflichen Zeitschrift habe ich überhaupt die Angaben über Produktion der Metalle entnommen.

Länder	1898		1900		1901	
	Kilogramm	Wert in Dollar	Kilogramm	Wert in Dollar	Kilogramm	Wert in Dollar
Nordamerika:						
Vereinigte Staaten . .	*97 932,9*	65 082 430	*117 604,6*	78 159 677	*120 691,0*	80 211 545
Kanada	*20 613,9*	13 700 000	*41 992,4*	27 908 153	*36 807,1*	24 462 222
Mexiko	*12 393,5*	8 236 720	*14 158,3*	9 409 063	*15 554,2*	10 329 316
Zentralamerika . .	*790,0*	525 000	*1 203,7*	800 000	*1 549,8*	1 030 000
Südamerika:						
Brasilien	*3 809,3*	2 531 687	*3 975,4*	2 642 000	*4 514,0*	3 000 000
Columbia	*5 567,3*	3 700 000	*3 460,7*	2 300 000	*3 114,7*	2 070 000
Chile	*2 118,0*	1 407 623	*1 354,2*	900 000	*677,1*	450 000
Guyana (Brit., Holl., Franz.)	*5 739,0*	3 814 150	*6 409,3*	4 259 568	*5 567,9*	3 700 441
Afrika:						
Transvaal	*117 470,3*	78 070 761	*10 846,9*	7 208 869	*7 432,9*	4 939 914
Rhodesia	*652,5*	433 682	*2 468,0*	1 640 251	*4 626,4*	3 074 730
Asien:						
Britisch Indien . . .	*11 684,9*	7 765 807	*15 946,0*	10 597 712	*14 178,2*	9 422 855
China	*9 992,8*	6 641 190	*6 470,1*	4 300 000	*4 514,0*	3 000 000
Japan	*1 073,3*	713 300	*2 130,0*	1 415 598	*2 300,0*	1 528 580
Korea	*1 646,1*	1 094 000	*2 733,3*	1 816 525	*3 460,7*	2 300 000
Australasien . . .	*93 732,3*	62 294 481	*110 978,5*	73 756 325	*115 947,8*	77 058 938
Europa:						
Russland	*37 217,0*	24 734 418	*33 354,2*	22 167 201	*38 988,5*	25 911 744
Ungarn	*3 068,0*	2 038 993	*3 270,1*	2 173 308	*3 270,1*	2 173 308
Deutschland	*2 847,0*	1 892 116	*112,0*	74 435	*112,0*	74 435

Platin.

Dieses Metall ist in der Provinz Chocó in Kolumbien, Südamerika, zuerst gefunden und im Jahre 1735 nach Europa gebracht worden; sein Name stammt von dem spanischen Wort plata Silber, platinja silberähnlich. Obgleich es seitdem auch an andern Orten und reichlicher gefunden wurde, ist es immer noch eines der seltensten und gesuchtesten Metalle. In Spuren ist es in einigen Golderzen enthalten, als chemische Verbindung kommt es in dem sehr seltenen Sperrylith vor, in dem Platin mit Arsen nach der Formel $PtAs_2$ verbunden ist und der sich in zinnweissen, metallisch glänzenden regulären Kriställchen in der Provinz Ontario in Kanada findet.

Das gediegene Platin findet sich fast ausschliesslich im Schwemmland in Gestalt von losen Schüppchen und kleinen Körnern, seltener in grösseren Körnern und Klumpen, der grösste ist im Ural gefunden und wog 10 kg. Die Körner sind glatt oder rauh, oft mit Vertiefungen versehen, sehr selten sind Kristalle, reguläre Würfel. Zwei Stücke Platin sind auf Tafel 5 abgebildet, das eine in Figur 15 wiegt 54,3 g, das andere in

Digitized by Google

Figur 16 621 g, so grosse Stücke gehören schon zu den Seltenheiten, nach einer Aufzählung von G. Rose waren unter 3384 Platinstücken, die alle über 4 1/2 g wogen, nur 5 schwerer als 500 g.

Die Farbe des natürlichen Platin ist stahlgrau, die des gereinigten silberweiss, es ist hämmerbar und dehnbar, an Härte übertrifft das rohe Platin Gold und Silber, das spezifische Gewicht schwankt zwischen 14 und 19, das des gereinigten und geschmolzenen Platins beträgt 21,5, es wird nur noch von dem des Iridiums und Osmiums übertroffen. Die grossen Schwankungen im spezifischen Gewicht des natürlichen erklären sich durch Beimischungen; das natürliche Platin enthält 5—16% Eisen, etwas Iridium, Rhodium, Palladium, Osmium und Kupfer. Dass manche Platinkörner stark polarmagnetisch sind, hängt wahrscheinlich mit dem Eisengehalt zusammen.

Gegen Säuren ist Platin sehr widerstandsfähig, nur von Königswasser wird es gelöst; es schmilzt ausserordentlich schwer, nämlich erst bei ungefähr 1770°, darum findet es im chemischen Laboratorium und in der chemischen Industrie so vielfach Verwendung und kann durch kein anderes Metall ersetzt werden. Mit Schwefel, Arsen oder leicht schmelzbaren Metallen schmilzt es leicht zusammen, daher dürfen diese Stoffe im Platintiegel oder am Platindraht nicht erhitzt werden.

Gegenwärtig wird das meiste Platin in Russland in einem etwa 5000 qkm grossen Bezirk am oberen Turafluss in demjenigen Teil des Gouvernements Perm gewonnen, der östlich vom Kamm des Urals liegt. Die reichsten Lagerstätten finden sich hier am Iss, einem Nebenfluss des Tura, und wurden 1825 entdeckt. Längere Zeit hindurch erzeugte der um einige 100 km weiter südlich gelegene Distrikt das meiste Platin und von hier stammt das in Figur 16 abgebildete Stück und wahrscheinlich auch das andere. Das Muttergestein des Platins ist ein jetzt zu Serpentin verwittertes Olivingestein, das in feurigflüssigem Zustand aus den Tiefen der Erde hervorgequollen ist und das edle Metall mitgebracht hat.

Ausser im Ural findet sich Platin in Südamerika im Staate Kolumbien, von wo es zuerst bekannt geworden ist, in Brasilien, Kalifornien, Britisch Kolumbien, überall zusammen mit Gold, auf Borneo auch begleitet und durchwachsen von Osmiridium, ebenso in Neu-Süd-Wales und Neu-Seeland.

Platin findet als Draht, Blech, Tiegel, Schale, Retorte und Kessel im chemischen Laboratorium und der Industrie, besonders der Schwefelsäurefabrikation Verwendung; die Spitzen der Blitzableiter werden von Platin hergestellt; früher wurden auch russische Münzen daraus geprägt, hierzu ist es aber wegen seiner Seltenheit ungeeignet. Der nominelle Wert des in Figur 109 abgebildeten Dreirubelstücks war zur Zeit seiner Prägung 9,72 Mark, heute wäre die Münze, die 10,3 g wiegt, über das Doppelte wert; im ganzen sind 14250 kg Platin zu Münzen geprägt worden, ihr Wert wäre heute über 14 Millionen Mark höher als damals. Das gewöhnliche, technisch reine Platin des Handels enthält stets geringe Mengen, etwa 0,1—1,5%, Iridium. Absolut reines Platin ist fast so weich wie reines Gold und würde, wie dieses, viel zu wenig widerstandsfähig sein, um den mannigfachen Anforderungen der Technik zu genügen. Für viele Zwecke eignen sich vielmehr Legierungen mit höherem Iridiumgehalt weit besser als das gewöhnliche Platin.

Fig. 109.

Platinmünze, 3 Rubel.

Ausser als Metall wird Platin in einigen Salzen als Reagens und in der Photographie benutzt; der aus Ammoniumplatinchlorid durch Glühen hergestellte »Platinschwamm« hat die merkwürdige Eigenschaft, Gase auf sich zu verdichten, so dass sie sich (Wasserstoff) selbst entzünden. Von dieser Eigenschaft wurde bei der früher gebräuchlichen Döbereiner'schen Zündmaschine Gebrauch gemacht, heute werden Selbstzünder für Leuchtgas aus Platinschwamm angefertigt.

Digitized by Google

Iridium, das aus dem rohen Platin oder aus natürlichen Legierungen mit Osmium oder Platin, in denen Iridium überwiegt, gewonnen wird, galt früher wegen seines extrem hohen Schmelzpunktes, der etwa noch 600° höher als der des Platins liegt, für unverarbeitbar. Neuerdings ist die Verarbeitung dieses Metalls bis zu dem Grade gelungen, dass Blech und Draht daraus hergestellt werden können. Es ist stahlhart, sein spezifisches Gewicht ist 22 und wird nur noch von dem des Osmiums übertroffen. Besondere Verwendung findet Iridium bei dem von Chatelier erfundenen Pyrometer, das ist ein Thermometer, durch welches Temperaturen bis zu 1600° gemessen werden können. Es ist an diesem Pyrometer Platin mit Iridium zusammengelötet, und die Möglichkeit mit einem solchen Draht Temperaturen zu messen, beruht darauf, dass an der Lötstelle durch Temperaturänderung ein elektrischer Strom erregt wird, dessen Stärke mit der Temperatur sich ändert und an einem mit dem Draht verbundenen Galvanometer gemessen werden kann. Einer gewissen Temperatur entspricht eine gewisse Stromstärke, so dass aus dieser jene sich ergibt und an dem Galvanometer, der für jedes Pyrometer besonders geeicht wird, direkt abgelesen werden kann. Zu Temperaturmessungen, für welche das Chateliersche Pyrometer nicht mehr ausreicht, also für Temperaturen von etwa 1600 bis gegen 2200°, dienen Thermometer (Thermoelemente), die aus reinem Iridiumdraht und aus einer Iridium-Ruthenium-Legierung zusammengesetzt sind.

Osmium, das in überaus kleiner Menge als Nebenprodukt des Platins gewonnen wird, schätzungsweise 32 kg aus 5000 kg Platin, sollte zur Herstellung von Strümpfen für Gasglühlicht und für elektrische Lampen benutzt werden, die grosse Seltenheit des Metalls stellt jedoch der Einführung einer Osmiumlampe voraussichtlich unüberwindliche Hindernisse entgegen.*) Eine Verbindung von Osmium mit Sauerstoff wird zur Herstellung von zoologischen und anatomischen Präparaten benutzt. Das reine metallische Osmium ist mit einem spezifischen Gewicht von 22,5 der schwerste Körper.

Der Bedarf an Platin wird hauptsächlich von Russland gedeckt, es liefert über 90% der Gesamtproduktion, die im Jahre 1900 165000 Unzen oder 5100 kg betrug. Eine wesentliche Rolle neben Russland spielt nur noch Kolumbien in Südamerika mit 11500 Unzen oder 356 kg. In den Vereinigten Staaten werden etwa 6 kg jährlich in der Münze von San Franzisco beim Scheiden und Raffinieren von Gold gewonnen. In erheblicheren Mengen kommt Platin in Neu-Süd-Wales vor, die Gewinnung hat aber wegen des in jener Gegend herrschenden Wassermangels mit noch nicht überwundenen Schwierigkeiten zu kämpfen. Im ganzen bleibt die Produktion immer mehr hinter der Nachfrage zurück, so dass der Platinpreis stetig steigt und sich immer mehr dem Goldpreis nähert, im ganzen ist er grossen Schwankungen unterworfen. Nach Mitteilung von W. C. Heraeus in Hanau beträgt der Preis für ein Kilogramm technisch reines Platin zur Zeit (November 1903) 2500 Mark.

---

*) Anmerkung bei der Korrektur: In der neuesten Zeit kommen tatsächlich Osmiumlampen in den Handel, es fragt sich nur, wie lange der jetzt angesammelte Vorrat an Osmium und die spätere Produktion den Bedarf wird decken können.

Gediegen Silber und Silbererze.

Gediegen Silber.

Gediegen Silber ist wie das Gold schon seit den ältesten Zeiten bekannt, obwohl es nicht so leicht gewonnen werden kann, da es niemals im Gerölle der Flüsse, sondern nur im festen Gestein vorkommt, allerdings oft dicht an der Oberfläche; es lässt sich aber leicht wie Gold verarbeiten, hat überhaupt in Rücksicht auf sein Vorkommen und seine Eigenschaften viel Aehnlichkeit mit diesem und unterscheidet sich von ihm wesentlich durch seine weisse Farbe und seine geringere Beständigkeit, die sich dadurch verrät, dass es an der Luft leicht schwarz wird; schon darum ist es weniger wertvoll als Gold. Auch geht es mit andern Elementen leichter Verbindungen ein und diese sind so häufig, dass das meiste Silber, das wir benutzen, aus Erzen abgeschieden wird.

Das gediegene Silber ist im frischen Zustand metallisch glänzend und weiss, meist aber durch Bildung von Schwefelsilber an der Oberfläche gelb oder schwarz; es findet sich in regulären Kristallen oder zierlichen ästigen Formen, in blech-, draht-, zahn- und moosförmigen Gebilden, die wie kleine, mit feinem Reif überzogene Pflänzchen aussehen.

Einige durch besondere Grösse und Schönheit ausgezeichnete Silberkristalle von Kongsberg sind auf Tafel 6, Figur 1—3, abgebildet, alle mit Kalkspat, auch Flussspat und Quarz verwachsen. In Figur 1 Würfel, in Figur 2 Oktaeder, in Figur 3 ein ungewöhnlich grosser Kristall, Oktaeder mit Würfel, auf einem grossen Stück derben Silbers, ebenso in Figur 4 ein kleiner Kristall von Oktaeder und Würfel begrenzt. Sehr häufig sind die Kristalle Zwillinge nach einer Oktaederfläche, in den Stufen der Figur 1, 2 und 4 sind solche vorhanden, in der Abbildung freilich wenig erkennbar, wie denn überhaupt die Zwillingsbildung bei Silber nicht immer ohne weiteres zu erkennen ist, da die Zwillingskristalle, wie die von Gold, leicht ungewöhnliche Ausbildung besitzen. Ein solcher ist in Figur 5 enthalten; die dreieckige Fläche des oberen Kristalls ist eine Oktaederfläche, die drei Flächen rings herum gehören dem Ikositetraeder $3O3$ an; auf der Rückseite entsprechen ihnen wieder drei solche Flächen und eine Oktaederfläche, alle andern Flächen, 18 vom Ikositetraeder und 6 vom Oktaeder fehlen, und die vorderen Flächen befinden sich gegenüber den rückwärts gelegenen in Zwillingsstellung.

Viele solcher Zwillinge, nach den Diagonalen einer Oktaederfläche aneinander gereiht, bilden die auf Tafel 6 in Figur 6 und auf Tafel 7 in 2a—c abgebildete Silberplatte, deren Enden mit dickeren Kristallen besetzt sind, welche die Form eines Ikositetraeder deutlich erkennen lassen; an vielen Stellen, besonders auf der einen Seite, sind die dreieckigen Umrisse der Einzelkriställchen deutlich zu erkennen; an andern Stellen der Platte sind jene Kriställchen nach einer der Diagonalen der oberen dreieckigen Oktaederfläche lang gestreckt und bilden, unter 60° sich durchkreuzend, ein zierliches Netzwerk oder es strahlen von einem Mittelästchen nach beiden Seiten viele Nebenzweige aus, die unter 120° gegeneinander gestellt sind, überall herrscht auch hier die grösste Gesetzmässigkeit. G. vom Rath, der diese Silberplatte in dem dritten Band der Zeitschrift für Kristallographie beschrieben hat, rühmt von ihr, sie sei von so ungewöhnlicher Schönheit, wie er Aehnliches bisher nicht gesehen und wer von den Mineralogen hätte mehr gesehen, als der unermüdliche, begeisterte Gerhard vom Rath.

Die grosse Aehnlichkeit in der Kristallisation von Gold und Silber erkennen wir in dem in Figur 3 auf Tafel 7 abgebildeten Silberblech; wenn ihm auch die regelmässige

Umrandung des in Figur 1 auf derselben Tafel abgebildeten Goldblechs fehlt, so sehen wir doch, dass seine Oberfläche ebenso wie da von kleinen Dreieckchen bedeckt ist und diese auch hier gewendet zueinander liegen; die links unten sind gewendet gegen die im oberen Teil der Platte, der untere Teil befindet sich in Zwillingsstellung gegen den oberen, genau ebenso wie an dem Goldblech der Figur 1 (vergl. Seite 70).

Bei dem baumförmigen Silber von der Grube Sophie bei Wittichen im Schwarzwald, Tafel 6 Figur 7, wachsen die Aestchen unter 90° aus dem Hauptstamm heraus, aus den Aestchen ebenso wieder kleine Zweige; es sind lauter Oktaederchen, die nach den drei aufeinander senkrechten Axen aneinander gereiht sind. Das ganze Gebilde möchte man mit einem Tannenbaum vergleichen. Andere baumförmige und Farrenkraut ähnliche Gebilde sind in Figur 8 und 9 dargestellt, bei ihnen sind die Aestchen unter 60° zueinander gestellt.

Figur 4 auf Tafel 7 zeigt drahtförmiges Silber auf Kalkspat, Figur 10 auf Tafel 6 drahtförmiges Silber, korkzieherartig gewunden, Figur 11 auf Tafel 6 moosförmiges Silber aus vielen durcheinander geflochtenen Fädchen bestehend; drahtförmiges Silber ist oft so gebogen, dass seine Gestalt mit einem Stosszahn des Elefanten zu vergleichen ist, es wird darum auch als zahnförmig beschrieben Figur 12, oder es ist spahnförmig Figur 13, wie Hobelspähne liegt hier das Silber auf Kalkspat, oder der Draht ist mehrmals hin und hergebogen Figur 14, mit einem Korb könnte man die Gestalt vergleichen; an einzelnen Stellen ist der Draht verdickt und zeigt dann Andeutung von Kristallflächen, ein Beweis, dass auch diese Drähte kristallinische Bildungen sind. Sie sind sehr häufig aus schwarzem Silberglanz herausgewachsen (in Figur 12 ist noch ein Korn davon zu sehen), und aus diesem dadurch entstanden, dass durch reduzierende Lösungen der Schwefel aus dem Silberglanz fortgeführt und das Silber frei geworden ist.

Wie Gold ist Silber in hohem Grade hämmerbar und dehnbar, seine Härte ist gering, erreicht kaum die des Kalkspats, das spezifische Gewicht liegt zwischen 10 und 11, es ist nicht so grossen Schwankungen unterworfen wie das von Gold, weil das Silber reiner ist wie dieses, es enthält meistens nur Spuren von Gold oder Kupfer. Einzelne Vorkommnisse von Kongsberg enthielten freilich 27 % und sogar 50 % Gold, das sogenannte güldische Silber, aber das sind immer nur seltene Ausnahmen. Beim Auflösen des Silbers in Schwefelsäure bleibt das Gold ungelöst und man macht hiervon Gebrauch, um beide Metalle zu trennen; aus den alten Talern ist auf diese Weise noch viel Gold gewonnen worden. Das reine Silber schmilzt bei 945°.

Das gediegene Silber findet sich vorzugsweisse auf Gängen in kristallinischen Schiefern, Granit und Sedimentgesteinen und ist da begleitet von Kalkspat, Flussspat, Schwerspat, Quarz und den schwefelhaltigen Silbererzen, die wir gleich kennen lernen. Diese Silbererze nehmen in den Gängen mit der Tiefe zu, während das gediegene Silber hauptsächlich in dem oberen Teil der Gänge, in dem »Hut« auftritt, bisweilen von Chlorsilber begleitet. Bekannte Fundorte sind in Deutschland: Freiberg in Sachsen, besonders die Grube Himmelsfürst, in der Stufen von 4—5 Zentner Gewicht gefunden sind; in Figur 8 und 13 der Tafel 6 ist Silber von Freiberg abgebildet; Schneeberg und Johanngeorgenstadt in Sachsen; im 15. Jahrhundert soll in Schneeberg eine 400 Zentner schwere, aus Silber und Silberglanz bestehende Stufe gefunden sein. Wittichen in Baden (Figur 7) und Andreasberg im Harz. Im böhmischen Erzgebirge ist bei Joachimstal Silber gewonnen worden und der Name Taler soll von dem Joachimstaler Silber, das zu Münzen geprägt wurde, sich herleiten. Besonders berühmt sind die Silbergruben von Kongsberg in Norwegen, durch ihren Reichtum an gediegen Silber und die Schönheit der Stufen; die auf Tafel 6 in Figur 1—6, 9, 12 und 14 und auf Tafel 7 in Figur 2, 3 und 4 abgebildeten Stücke stammen alle von hier; jetzt liefern die Gruben nur silberarmes Erz und die

jährliche Silbergewinnung beträgt etwa 5000 kg. In Amerika ist Mexiko ausserordentlich reich an Silber, zwei Stücke frischen Silbers aus der Umgebung von Guanajuato sind in den Figuren 10 und 11 abgebildet, ebenso die Vereinigten Staaten, besonders bemerkenswert ist das Zusammenvorkommen von Silber mit gediegenem Kupfer in dem Melaphyrmandelstein am Lake superior im Staate Michigan.

Im ganzen ist gediegen Silber viel weniger verbreitet als gediegen Gold, das meiste Silber wird aus seinen Verbindungen mit Schwefel, Antimon und Arsen gewonnen und an allen den genannten Fundorten (mit Ausnahme des Lake superior) kommen die Silbererze gleichzeitig mit dem gediegenen Silber vor, meist so, dass das gediegene Silber in den oberen Teufen auftritt, in grösserer Teufe die Erze überwiegen. Das Silber in dem Ausgehenden der Gänge ist naturgemäss zuerst gefunden worden und hat dem Menschen die Schätze verraten, die in der Tiefe verborgen sind.

Die Produktion von Silber und seine Verwendung werden wir nach Besprechung der Silbererze aufführen.

Silbererze.

Die Silbererze enthalten ausser Silber entweder Schwefel, Antimon, Arsen oder, seltener, Chlor, Brom, Jod und bald nur eins von diesen Elementen, bald mehrere. Wir führen von ihnen vor: Silberglanz, Antimonsilber, die Rotgültigerze, Stephanit und Silberhornerz, ausserdem Argyrodit, weil in diesem das Element Germanium entdeckt worden ist. Ein wichtiges Silbererz ist ausser diesen Polybasit, der äusserlich dem Stephanit ähnlich sieht und dieselben Bestandteile wie dieser, nur in anderem Mengenverhältnis enthält. Bleiglanz, der Silber nur als fremde Beimischung enthält und den wir bei den Bleierzen, und Fahlerz, das wir bei den Kupfererzen kennen lernen werden, seien hier nur genannt.

Silberglanz oder Argentit nimmt nach seinem Silbergehalt unter den Silbererzen die erste Stelle ein, denn er enthält 87,1 % Silber neben 12,9 % Schwefel und ist dabei immer sehr rein, so dass z. B. die Analyse eines Kristalls von Freiberg 87,09 % Silber ergeben hat; seine Zusammensetzung wird durch die Formel Ag_2S ausgedrückt. Wenn man etwas Silberglanz mit Soda auf Kohle zusammenschmilzt, erhält man ein Silberkorn, während die Schmelze auf einer Silbermünze, mit Wasser befeuchtet, einen schwarzen Fleck erzeugt, ein Beweis, dass der Schwefel aus dem Mineral in sie übergegangen ist. Auf diese Weise werden die Bestandteile von Silberglanz am bequemsten nachgewiesen. Silberglanz ist dunkelbleigrau bis schwarz und lässt sich wie Blei schneiden, hämmern und prägen; aus grösseren Stücken, wie sie in Sachsen manchmal gefunden sind, hat man Schnitzereien angefertigt und König August von Polen hat Denkmünzen mit seinem Bildnis daraus prägen lassen. Wegen dieser Geschmeidigkeit haben ihm die ungarischen Bergleute den Namen Weichgewächs gegeben. Sehr wenig zu den Eigenschaften unseres Erzes passt der alte Name Glaserz, denn es ist weder durchsichtig, noch spröde oder hart, der Name Glanzerz wäre schon zutreffender, wenn es auch von anderen Erzen an Glanz übertroffen wird. An der Oberfläche ist Silberglanz fast immer matt, die frische Schnittfläche ist glatt und glänzend, die Härte ist gering, wenig über 2, das spezifische Gewicht beträgt 7,35.

Silberglanz kristallisiert regulär, seine häufigste Form ist Würfel mit Oktaeder (Tafel 8, Figur 3, 4, 6), oder Oktaeder mit Würfel (Figur 5), seltener ist das Oktaeder (Figur 7) für sich oder ein Ikositetraeder. Die Kristalle sind wenig scharf, die Flächen oft gewölbt und drusig (Figur 5 und 7); Wachstumsformen kommen vor, sind aber

nicht so zierlich, wie die von Silber (Figur 8 und 9). Beide Mineralien gehen oft ineinander über, Silber wird unter Aufnahme von Schwefel zu Silberglanz, während aus diesem nicht selten zahnförmiges Silber herauswächst. Silberglanz tritt immer mit andern Silbererzen zusammen in Gängen in Granit oder kristallinischen Schiefern auf und findet sich in Deutschland bei Freiberg (Figur 3, 6, 8, 9), Annaberg (Figur 7), Schneeberg, Johanngeorgenstadt und andern Orten in Sachsen, bisweilen in mehrere Kilogramm schweren Klumpen; bei Joachimstal in Böhmen, Andreasberg im Harz, (Figur 4), bei Wolfach im Schwarzwald. Bei Kongsberg in Norwegen ist Silberglanz in Begleitung von gediegen Silber früher bisweilen in grossen Massen vorgekommen; das zahnförmige Silber (Tafel 6, 12) ist immer aus Silberglanz herausgewachsen.

Ausserhalb Europa hat sich Silberglanz besonders reichlich, aber nur derb, in dem Comstock-Gang in Nevada gefunden, ein Vorkommen, das wir bei Gold schon näher kennen gelernt haben. Reich an Silberglanz sind die Erzgänge bei Zacatecas und Guanajuato in Mexiko, besonders schöne Kristalle haben die Gruben bei Chañarcillo in Chile geliefert (Figur 5).

Antimonsilber oder Dyskrasit ist im frischen Zustand silberweiss und hat lebhaften Metallglanz, wird aber durch längeres Liegen an der Luft grau oder gelblich und matt. Glänzende Körner kommen in gediegen Arsen (Tafel 8 Figur 12), Kristalle in Kalkspat eingewachsen (Tafel 8 Figur 11 und 13) vor, sind aber im ganzen selten deutlich entwickelt. Sie sind rhombisch, eine stark gestreifte Fläche (Tafel 8 Figur 10a und b) kann man als Basis auffassen, vier zu ihr senkrechte Flächen bilden ein rhombisches Prisma, dessen Winkel von 120° nur um ungefähr eine Minute abweicht, so dass dieses Prisma einem hexagonalen sehr nahe steht, um so mehr, als auch die seitliche Kante durch die Längsfläche abgestumpft wird und hierdurch die Zahl der Flächen auf sechs steigt. Dass der Kristall aber nicht hexagonal ist, erkennt man daran, dass er auf der Basis nur nach einer Richtung, der Längsachse parallel, gestreift ist (Figur 10a), ein hexagonaler müsste nach drei Richtungen gestreift sein. Auch dies suchen die Kristalle zu erreichen, indem mit dem einen Kristall ein zweiter (Figur 10b), mit diesem ein dritter zwillingsartig verwächst. Auch die Prismenflächen sind stark gestreift, sodass die Formen im einzelnen schwer zu bestimmen sind. Die chemischen Analysen geben keine so gleichmässigen Resultate, wie man es von chemischen Verbindungen erwartet, der Silbergehalt schwankt zwischen 72 und 84% und es lässt sich hiernach nicht entscheiden, ob die Zusammensetzung durch die Formel Ag_3Sb oder eine andere auszudrücken ist.

Wie die Zusammensetzung schwankt auch die Dichte; sie liegt zwischen 9,4 und 9,9, die Härte ist ungefähr gleich der von Kalkspat.

Antimonsilber ist kein sehr häufiges Mineral und darum, trotz des hohen Silbergehaltes, kein wichtiges Silbererz. Es findet sich mit Rotgültigerz, Bleiglanz, Schwerspat und Kalkspat bei Wolfach im Schwarzwald, wo zentnerschwere Blöcke vorgekommen sind, und mit Arsen (Figur 12 Tafel 8) oder Kalkspat (Figur 11 und 13) auf den Silbererzgängen von St. Andreasberg im Harz.

Hornerz hat seinen Namen bekommen, weil es in dünnen Stücken Hornspänen an Farbe und Glanz ähnlich ist, wegen des Silbergehaltes heisst es auch Silberhornerz; oder es wird, da in ihm Silber mit Chlor verbunden ist, auch Chlorsilber genannt; seine chemische Formel ist $AgCl$. Immer ist es recht unscheinbar, meist bildet es krustenartige Ueberzüge (Figur 14 Tafel 8), seltener findet es sich in deutlich erkennbaren regulären Kristallen, Würfel mit Oktaeder oder Oktaeder allein; die Farbe ist grau oder gelblich, der Glanz matt, durchscheinend. Das Mineral ist geschmeidig, ähnlich wie Silberglanz, seine Härte ist sehr gering, das spezifische Gewicht 5,6.

Chlorsilber findet sich bisweilen mit dem ähnlichen Bromsilber in den oberen Teufen von Silbererzgängen und ist wahrscheinlich durch Einwirkung von Salzlösungen aus geschwefelten Silbererzen entstanden. In geringer Menge ist es bei Freiberg und Johanngeorgenstadt i. S., bei Kongsberg und anderen Orten vorgekommen, in grösserer Menge findet es sich auf Silbererzgängen in Chile und mit Manganerzen zusammen bei Broken Hill in Neu-Süd-Wales; von hier stammt das in Figur 14 auf Tafel 8 abgebildete Stück.

Wo Chlorsilber in grösserer Menge vorkommt, wird es auf Silber verhüttet.

Die **Rotgültigerze** werden nach ihrer Farbe als dunkles und lichtes Rotgültigerz unterschieden, sie unterscheiden sich zugleich durch ihre chemische Zusammensetzung. Beide enthalten Silber und Schwefel, das dunkle ausserdem noch Antimon, das lichte statt dessen Arsen; das erste heisst darum auch Antimonsilberblende, das andere Arsensilberblende. Jedes hat dazu noch einen dritten, in allen Sprachen gebräuchlichen Namen, das dunkle Pyrargyrit, das lichte Proustit.

Das dunkle Rotgültigerz oder Pyrargyrit enthält 59,8 % Silber, 22,5 % Schwefel und 17,7 % Antimon und ist nach der Formel Ag_3SbS_3 zusammengesetzt. Wenn es sich darum handelt, die Bestandteile schnell nachzuweisen, wird man das Pulver für sich und mit Soda gemengt auf Kohle vor dem Lötrohr erhitzen, es gibt dann den weissen Antimonbeschlag, mit Soda die Heparreaktion und ein Silberkorn.

Die Kristalle (Tafel 9, Figur 1—9) sind an dünnen Stellen ohne weiteres mit dunkel rubinroter Farbe durchsichtig, dickere Kristalle, wie etwa der in Figur 4, lassen Licht hindurch, wenn man sie gegen eine helle Lichtquelle hält, sonst erscheinen sie metallisch glänzend bleigrau und undurchsichtig, bisweilen sind sie auch matt und glanzlos (Figur 1), das Pulver ist aber immer rot. An dem in Figur 5 abgebildeten Stück ist zur Freilegung des Kristalls etwas Rotgültigerz abgesprengt und die rote Farbe da deutlich zu sehen, der starke Glanz und das bleigraue Aussehen ist wie bei Diamant eine Folge der starken Lichtbrechung, der Brechungsexponent ist 3,08.

Die Kristalle sind hexagonal-rhomboedrisch, bald nur von Prisma und Basis begrenzt (Tafel 9, Fig. 1 u. 2), öfters skalenoedrisch ausgebildet (Figur 3, 4, 5). Ein ganz hervorragend schöner Kristall ist in Figur 4 abgebildet, es ist ein ringsum ausgebildetes Skalenoeder, dessen Flächen durch alternierende Kombination mit dem Prisma der zweiten Stellung gestreift sind. Der Kristall in Figur 3 ist ebenfalls ein Skalenoeder und am Ende noch von der Basis begrenzt; der kleine Kristall in Figur 5 zeichnet sich besonders durch seine scharfen Kanten aus, seine Form ist ganz die von Kalkspat, selbst die Winkel weichen von denen des Kalkspats nur wenig ab. Bei andern Kristallen, besonders von Andreasberg im Harz, findet sich das Prisma zweiter Stellung mit einem ganz stumpfen Skalenoeder $\frac{1}{4}R3$ kombiniert (Figur 8 eine Stufe mit solchen Kristallen), seltener mit einer stumpfen Pyramide $\frac{2}{3}P2$ (Figur 7), statt des Skalenoeders. Bei der Pyramide sind die Winkel von Fläche zu Fläche einander gleich und betragen $153^0\ 5'$, bei dem Skalenoeder sind sie nur abwechselnd gleich und betragen $160\frac{1}{2}^0$ und $140\frac{1}{2}^0$. Durch Grösse und Form gleich ausgezeichnet ist die in Figur 9 abgebildete Kristallgruppe von Andreasberg, die grossen Flächen an dem rechten Kristall gehören einem Skalenoeder $R3$ an, darüber liegen die Flächen eines stumpfen Skalenoeders $\frac{1}{4}R3$ und eines stumpfen Rhomboeders $-\frac{1}{2}R$, darunter die Flächen des Prismas $\infty P2$. Gewisse Anzeichen (Streifung auf den Prismenflächen) deuten bisweilen darauf hin, dass die Kristalle wie die von Turmalin hemimorph sind, aber nur selten findet man an beiden Enden verschieden ausgebildete Kristalle.

Die Härte des Minerals ist $2-2\frac{1}{2}$, das spezifische Gewicht = 5,85; es besitzt Spaltbarkeit nach den Flächen eines Rhomboeders, ist auch hierin Kalkspat ähnlich. Bisweilen ist Rotgültigerz in Silberglanz oder in gediegen Silber umgewandelt.

Das dunkle Rotgültigerz findet sich in Kristallen, derben Massen und als Anflug zusammen mit andern Silbererzen und begleitet von Kalkspat auf den Erzgängen von St. Andreasberg im Harz (Tafel 9, Figur 3, 4, 7, 8, 9), bei Freiberg und Annaberg (Figur 1) in Sachsen, Joachimstal in Böhmen, früher sind sehr schöne Kristalle zusammen mit Bleiglanz auf der Grube Gonderbach bei Laasphe vorgekommen, die Abbildung in Figur 6 zeigt einen kleinen prismatischen Kristall von dort; auch bei Wolfach im Schwarzwald haben sich kleine schöne Kristalle gefunden. Andere Fundorte sind Monte Narba auf Sardinien, Guanajuato in Mexiko (Figur 2), Chañarcillo in Chile (Figur 5); das Departement Potosi in Bolivia.

Rotgültigerz ist eines der wichtigsten Silbererze.

Das lichte Rotgültigerz oder Proustit enthält 65,6% Silber, 15% Arsen und 19,4% Schwefel nach der Formel $Ag_3 As S_3$ verbunden; es verhält sich vor dem Lötrohr wie dunkles Rotgültigerz, nur gibt es statt des dicken weissen Antimonbeschlags einen dünnen grauen Beschlag und lässt den Arsengehalt namentlich an dem knoblauchartigen Geruch erkennen. Hier sind schon die dickeren Kristalle mit prächtig rubinroter Farbe durchsichtig (Figur 10—12), dabei zeigen sie immer noch etwas metallischen Glanz. Ein wundervoller Kristall ist in Figur 10 abgebildet, das dreiseitige Prisma zeigt uns die Hemimorphie an, seine Flächen sind stark vertikal gestreift durch Kombination mit anderen Prismenflächen, an dem Ende tritt ein stumpfes mattes Skalenoeder auf. Scharfe Skalenoeder $R3$ sind die in Figur 11 und 12 abgebildeten Kristalle, in dieser Form kommt das lichte Rotgültigerz am häufigsten vor. Seine Härte ist nur $2^1/_2$, das spezifische Gewicht = 5,57.

Das lichte Rotgültigerz ist entschieden seltener als das dunkle, es findet oder fand sich im Erzgebirge bei Joachimstal in Böhmen (Figur 10), Grube Himmelsfürst bei Freiberg, bei Annaberg und Marienberg in Sachsen, bei Wittichen im Schwarzwald, Markirch in den Vogesen. Besonders schöne und grosse Skalenoeder sind auf den Gruben bei Chañarcillo in Chile gefunden, die in Figur 11 und 12 abgebildeten Kristalle sind von dort, auch in Mexiko wird es gefunden. Die Kristalle sind immer von den Sammlern gesucht, sie sind wegen ihrer rubinroten Farbe und ihres lebhaften Glanzes eine Zierde jeder Sammlung, die derben Massen wertvoll als Silbererz.

Die Verbindung $Ag_3 Sb S_3$, die wir im dunkeln Rotgültigerz kennen gelernt haben, kristallisiert auch in dünnen, tafeligen, monoklinen hyazintrot durchscheinenden Kristallen und heisst dann Feuerblende und ebenso kristallisiert die Verbindung $Ag_3 As S_3$, die im lichten Rotgültigerz vorliegt, in monoklinen, tafeligen, braunen bis gelben Kristallen, die Xanthokon genannt werden. Beide Mineralien sind sehr selten, das erstere findet sich unter andern auf Silbererzgängen von Andreasberg, das andere bei Joachimstal und bei Chañarcillo in Chile, sie sind wissenschaftlich interessant, weil sie die Dimorphie der beiden Verbindungen erweisen.

Melanglanz hat seinen Namen von seiner meist schwarzen Farbe bekommen, wird aber auch Sprödglaserz genannt, weil er im Vergleich zum Glaserz, dem Silberglanz, spröd ist und heisst endlich auch Stephanit. Die Kristalle (Tafel 9, Figur 13—15) sind bleigrau bis eisenschwarz, wenig glänzend oder matt und sehen aus, als ob sie hexagonal wären, sie sind aber in Wirklichkeit rhombisch. Ein rhombisches Prisma hat einen Winkel von 115°40′ und steht dem hexagonalen nahe, die seitliche Kante ist durch das Brachypinakoid abgestumpft, dazu tritt als Endbegrenzung die Basis (Figur 14, Tafel 9); oder mit einer rhombischen Pyramide vereinigt sich ein Brachydoma, so dass beide zusammen einer hexagonalen Pyramide gleichen, die Endbegrenzung bildet wieder die Basis (Figur 15a), seltener sind die Kristalle lang prismatisch wie der in Figur 13 abgebildete. Häufig verwachsen zwei oder mehr solcher Kristalle zu Zwillingen, die eine Fläche des

Vertikalprismas gemeinsam haben und sich durchkreuzen, wodurch sternförmige Durchwachsungen (in Figur 15b und 16 angedeutet) oder wieder geschlossene, scheinbar hexagonale Formen entstehen.

Ausser in Kristallen findet sich Melanglanz in derben Massen, die mit andern Mineralien verwechselt werden können, zur Unterscheidung dient die chemische Zusammensetzung; Melanglanz enthält dieselben Bestandteile wie das dunkle Rotgültigerz, aber in anderem Verhältnis, seine Formel ist Ag_5SbS_4, was einem Silbergehalt von 68,50% entspricht, dazu 15,22% Antimon und 16,28% Schwefel, es ist eins der reichsten Silbererze. Von Rotgültigerz, mit dem er seiner Form nach wohl verwechselt werden könnte, kann er durch das Lötrohrverhalten nicht gut unterschieden werden, wohl aber durch seine dunkle Farbe und seinen schwarzen Strich. Die Härte ist 2—2½, das spezifische Gewicht = 6,2.

Melanglanz findet sich mit andern Silbererzen zusammen in Gängen bei Andreasberg im Harz (Figur 14—16), Freiberg in Sachsen, Pribram (Figur 13) und Joachimstal in Böhmen und bei Schemnitz. Besonders massenhaft ist er in dem Comstockgang in Nevada aufgetreten (Seite 75).

Argyrodit ist ein seltenes Mineral und wir würden ihn hier nicht vorführen, wenn er nicht durch seine chemische Zusammensetzung besonders bemerkenswert wäre, in ihm hat Clemens Winkler das neue Element Germanium entdeckt. Es enthält hiervon 7%, ausserdem 75% Silber und 18% Schwefel, seine Formel ist Ag_6GeS_5. Das Mineral bildet traubige, warzenförmige Aggregate (Figur 17 der Tafel 9), die meist auf Markasit aufgewachsen sind, und ist schwach metallglänzend, stahlgrau ins rötliche; sein Fundort ist die Grube Himmelsfürst bei Freiberg in Sachsen.

Gewinnung von Silber. Aus den hier genannten und andern Silbererzen, von denen meist mehrere zusammen und miteinander gemengt vorkommen, und dem silberführenden Bleiglanz, wird das meiste Silber gewonnen. In der Regel wird aus den Silbererzen zuerst eine silberreiche Bleilegierung hergestellt, indem die Erze entweder mit abgeröstetem Bleiglanz zusammen verhüttet oder in geschmolzenes Blei eingetragen werden, und aus dieser wird das Silber abgeschieden. Die an der Luft sich bildende Bleiglätte zerlegt nämlich die Silbererze, das Silber wird frei und von dem Blei aufgenommen und in Lösung gehalten, während die andern Bestandteile der Erze an der Oberfläche bleiben. Das silberhaltige Blei wird darauf nach dem Verfahren von Parkes mit Zink zusammengeschmolzen, welches das Silber (und Gold) aus dem Blei auszieht, der entstehende silberreiche Zinkschaum wird abgeschöpft, das Zink abdestilliert, und von dem Rest, der neben Silber (und Gold) immer noch Blei enthält, wird das Blei abgetrieben, indem es durch Luftgebläse zu Bleiglätte oxydiert wird, die über dem Silber abfliesst. Am Schluss des Abtreibens bildet die Bleiglätte nur eine dünne Haut über dem Silber, aus der, wenn sie zuletzt reisst, das glänzende Silber hervorleuchtet (Silberblick).

Verwendung. Silber wird in der Hauptsache wie Gold verwendet, das meiste wird zu Münzen ausgeprägt; der Feingehalt der Deutschen Reichsmünzen beträgt 900, d. h. sie bestehen aus 900 Teilen Silber und 100 Teilen Kupfer, ein Einmarkstück enthält 5 g Silber und wiegt 5,55 g. Vor der Einführung der Reichsmünzen wurden in Deutschland aus 1 Pfund Feinsilber 30 Taler geprägt, ein Taler führt daher die Umschrift XXX ein Pfund Fein. Das Wertverhältnis von Silber zu Gold hat sich in den letzten Jahrzehnten zu Ungunsten des Silbers sehr erheblich verschoben. Durch französisches Edikt vom 30. Oktober 1785 wurde festgesetzt, dass Gold 15,5 mal höher als das gleiche Gewicht an Silber zu bewerten sei. Dies ist die »klassische Wertrelation« von Silber zu Gold, so genannt, weil sie fast zwei Jahrhunderte lang (nämlich schon vor jenem Edikt, durch das sie nur zum erstenmal gesetzlich festgelegt wurde) bestand und in dem Münzgesetz der lateinischen

Münzunion vom 23. Dezember 1865 Aufnahme gefunden hat. Entspricht der Silberpreis auf dem Londoner Markte diesem Verhältnis von 1:15,5, so ist die Unze Silber 60 13/16 Pence wert, d. h. ein Kilogramm Silber ist gleich 180 Mark in Gold, und um ein Kilogramm Gold zu kaufen, braucht man 15,5 kg Silber. An dieser Wertrelation wurde mit geringen Schwankungen festgehalten, auch nachdem das kalifornische Gold in den Verkehr eingetreten war. Dieses bewirkte zuerst eine Wertsteigerung des Silbers, veranlasste dann eine Ausbreitung der Goldwährung (Deutschland 1873) und damit eine Entwertung des Silbers, die noch durch die vermehrte Silberproduktion Amerikas gesteigert wurde, so dass das Silber in den 90er Jahren des vergangenen Jahrhunderts nur halb so viel wert war, als früher; um 1 kg Gold einzulösen, brauchte man nicht 15,5 kg Silber, sondern (1895) 31,6 kg, im Jahre 1902 sogar 38,6 kg Silber; d. h. ein Kilogramm Silber war im Jahre 1902 nur 72,3 Mark in Gold wert! Ueber die Veränderungen des Silberpreises gegenüber dem Goldpreis seit dem Jahre 1870 gibt die nachfolgende Tabelle*) Auskunft:

Jahr	Relation	Silberpreis in Pence	Jahr	Relation	Silberpreis in Pence	Jahr	Relation	Silberpreis in Pence
1870	1:15,55	60 9/16	1882	1:18,14	51 5/8	1894	1:32,52	28 15/16
1871	1:15,42	60 1/2	1883	1:18.58	50 9/16	1895	1:31,59	29 7/8
1872	1:15,57	60 5/16	1884	1:18,59	50 5/8	1896	1:30,64	30 3/4
1873	1:15,80	59 1/4	1885	1:19,31	48 5/8	1897	1:34,30	27 9/16
1874	1:16,01	58 5/16	1886	1:20,69	45 3/8	1898	1:34,97	26 15/16
1875	1:16,52	56 7/8	1887	1:21.05	44 5/8	1899	1:34.28	27 7/16
1876	1:17,69	52 3/4	1888	1:21,92	42 7/8	1900	1:33,31	28 1/4
1877	1:17,20	54 13/16	1889	1:22,06	42 11/16	1901	1:34,62	27 1/5
1878	1:17,86	52 9/16	1890	1:19,74	47 11/16			
1879	1:18,34	51 1/4	1891	1:20,91	45 1/16	19./VI.		
1880	1:18,03	52 1/4	1892	1:23,64	39 13/16	1902	1:38,62	24 5/16
1881	1:18,16	51 11/16	1893	1:26,58	35 5/8			

Alle Versuche, das Wertverhältnis beider Metalle zu Gunsten des Silbers zu ändern, sind erfolglos geblieben und werden es zunächst bleiben, da eine auf internationaler Vereinbarung eingeführte Wertsteigerung des Silbers sofort eine vermehrte Produktion zur Folge haben würde, durch die der Preis notwendig herabgedrückt würde. Immer aber bleibt Silber für den Kleinverkehr das wichtigste Metall, die Silbermünzen sind durch keine andern zu ersetzen.

Ausser zu Münzen wird Silber zu Schmuck- und Gebrauchsgegenständen, wie bekannt, seit alter Zeit bis heute in grosser Menge verwendet: Flaschen, Krüge, Becher und Schalen aus getriebenem Silber sind schon in der zweiten Ansiedlung von Troja gefunden worden und auch heute noch ist Silber das beliebteste Metall für Löffel und Leuchter, Schalen und Becher, für grosse Tafelaufsätze wie für die zierlichste Filigranarbeit. Schalen und Tiegel von reinem Silber werden in chemischen Laboratorien, Silberschlangen für Kühl- und Heizgefässe in der chemischen Grossindustrie immer mehr benutzt. Auch Silberverbindungen finden vielfach Anwendung, die Verbindung mit Salpetersäure, gewöhnlich Höllenstein genannt, als Aetzmittel und empfindliches Reagens auf Chlor, vor allem aber Chlorsilber, Bromsilber und Jodsilber in der Photographie; zur Zeit ist Brom-

*) Aus M. Biermer, Leitsätze zur Beurteilung der Währungsfrage. Mit Zusätzen bis 1902.

Digitized by Google

silber der wichtigste Stoff für photographische Aufnahmen durch Trockenplatten, während früher bei dem Verfahren von Daguerre, den Daguerrotypen und dem späteren Collodiumverfahren Jodsilber als lichtempfindliches Salz benutzt wurde.

Die Länder, welche für die Silberproduktion in erster Linie in Betracht kommen, sind aus der unten gegebenen Zusammenstellung zu ersehen. An der Spitze stehen die Vereinigten Staaten von Nordamerika und Mexiko, erst in weitem Abstand folgt an dritter Stelle Australien, an vierter oder an fünfter steht Deutschland, allerdings wurde (1898) über die Hälfte des hier produzierten Silbers aus ausländischen Erzen gewonnen, von inländischen Erzen liefert der Kupferschiefer (vergl. diesen, Seite 96) das meiste Silber.

Der Preissturz des Silbers ist auf die Rentabilität von vielen Silber- und Bleihütten von sehr nachteiligem Einfluss gewesen; so erfordern die fiskalischen Oberharzer Silber- und Bleiwerke einen jährlichen staatlichen Zuschuss von über eine Million Mark, Aktiengesellschaften und Gewerkschaften (Mechernich) haben mit den grössten finanziellen Schwierigkeiten zu kämpfen. Dies gibt sich in der folgenden Tabelle in dem Rückgang der Silberproduktion Deutschlands besonders auffallend zu erkennen; sie betrug im Jahre 1901 nur den dritten Teil der Produktion vom Jahre 1898; ausländische Erze wurden weniger eingeführt und über die Hälfte des Silbers wurde aus dem Kupferschiefer gewonnen.

Länder	1898		1901	
	Kilogramm	Wert in Dollar	Kilogramm	Wert in Dollar
Nordamerika:				
Vereinigte Staaten	*1 827 723*	34 670 245	*1 855 425*	35 165 902
Kanada	*137 913*	2 616 110	*157 952*	2 993 668
Mexiko	*1 768 501*	33 546 855	*1 715 416*	32 512 304
Südamerika:				
Bolivia	*342 138*	6 490 000	*290 191*	5 500 000
Chile	*143 514*	2 722 245	*179 552*	3 403 059
Columbia	*51 200*	971 187	*78 380*	1 485 540
Peru	*58 368*	1 107 188	*207 000*	3 923 274
Australasien	*534 360*	10 136 013	*337 420*	6 395 144
Asien:				
Japan	*78 009*	1 479 759	*58 953*	1 117 337
Europa:				
Frankreich	*80 351*	1 524 138	*14 067*	266 612
Spanien	*229 000*	4 343 786	*183 802*	3 483 602
Deutschland	*480 578*	9 115 744	*168 349*	3 190 721

Digitized by Google

Gediegen Kupfer und Kupfererze.

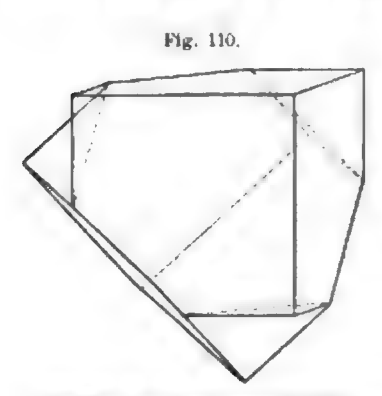
Gediegen Kupfer.

Das gediegene Kupfer ist neben Gold, Silber und Zinn das am frühesten bekannte Metall, die Phönizier sollen es von der Insel Cypern geholt haben, daher hiess es das Cyprische Erz, aes cyprium, hieraus wurde cuprum und unser Kupfer. Beim Orte Mekka auf der Halbinsel Sinai sollen die Erbauer der Pyramide Gizeh schon im 3. Jahrtausend Kupfer abgebaut haben; jedenfalls ist die Verarbeitung von Kupfererzen so alt wie die Verwendung von Bronze. Gerätschaften aus reinem Kupfer sind in dem grossen Schatz in der zweiten Ansiedelung Trojas gefunden worden.

Noch leichter wie Silber verbindet sich das Kupfer mit andern Elementen und bei weitem das meiste Kupfer wird aus seinen Verbindungen gewonnen, von denen wir die wichtigsten nachher kennen lernen werden. Wegen der Verwandtschaft zu andern Elementen besitzt das gediegene Kupfer nicht immer die echte, frische kupferrote Farbe, sondern ist leicht etwas dunkler angelaufen und weniger glänzend. Diese Anlauffarbe beschränkt sich aber nur auf die Oberfläche, sobald man es mit dem Messer etwas ritzt, tritt die frische Farbe uns entgegen.

Kupfer kristallisiert wie Gold und Silber regulär und bildet gern baumförmige Gestalten, Bleche und dicke Platten. Die häufigsten Kristallformen sind das Rhombendodekaeder (Figur 1 auf Tafel 10), Pyramidenwürfel $\left(\text{Figur 2, } \infty O \frac{5}{3}\right)$ und der Würfel (Figur 3); nur selten sind die Kristalle so gross und deutlich wie der Pyramidenwürfel in Figur 2, meist sind sie in einer Richtung stark verlängert, wie der in Figur 4, und fast immer zwillingsartig nach einer Oktaederfläche miteinander verwachsen. So besteht schon das in Figur 3 abgebildete Stück aus Zwillingskristallen. Jeder einzelne ist ein Würfel, drei von seinen Flächen ragen hervor und bilden eine dreiseitige Pyramide, eine solche hebt sich in der Mitte des Stückes deutlich ab; die drei Flächen auf der Rückseite erscheinen gegen die auf der Vorderseite um 180° gedreht (Textfigur 110), die einspringenden Winkel an den Ecken sind mit Kupfer ausgefüllt, herausgelöst würde ein solcher Kristall eine dreiseitige Doppelpyramide bilden. Noch deutlicher sieht man diese Art der Kristallisation in Figur 5 der Tafel 7; alle mit einer Ecke herausragenden Kristalle sind Würfel und nach den Diagonalen einer Oktaederfläche regelmässig unter 60° aneinander gereiht; dass es Zwillinge sind kann man am Bilde nicht, an dem Stück selbst nur schlecht erkennen, weil die Kristalle auf der Rückseite sehr klein sind und kaum mit einer Ecke hervorragen. An andern Stücken sind die Kristalle oft nach einer Oktaederfläche abgeplattet und nach einer Richtung verlängert, viele solcher Kristalle reihen sich, wie bei Gold und Silber, parallel oder unter 60° sich durchkreuzend aneinander und es entstehen so die zierlichen ästigen und baumförmigen Gestalten, wie sie in Figur 5—8 der Tafel 10 abgebildet sind. Durch weitergehende Abplattung werden die Gebilde immer mehr blechförmig (Figur 10) und am Ende dieser Reihe stehen echte Bleche, oft gewellt und zusammengerollt, wie in Figur 11 abgebildet. Die dicke Platte der Figur 12 zeigt keine Andeutung mehr von kristallinischem Bau, ihre Oberfläche ist

Fig. 110.



Zwilling von gediegenem Kupfer.

Digitized by Google

mit rundlichen Vertiefungen bedeckt, gerundet ist die Umrandung und rund sind die beiden Löcher, die die Platte aufweist, das ganze macht den Eindruck als sei dieses Kupfer geschmolzen gewesen, was aber nach seinem Vorkommen — es stammt von Hohenstein bei Reichenbach im Odenwald — als ausgeschlossen gelten kann, eher ist diese Form auf natürliche Korrosion zurückzuführen.

Verhältnismässig selten ist drahtförmiges Kupfer, ein solches ist in Figur 9 unserer Tafel abgebildet; es ist scharf sechskantig, die Kanten wechseln ab mit vertieften Rinnen, die fein federförmig gestreift sind, das ganze ist ein wenig gebogen, um die Längsachse gedreht, in etwa zwei Drittel der Länge stumpf geknickt, am Ende scharf umgebogen, der kurze hakenförmige Ansatz bildet hier mit dem längeren Teil einen Winkel von 60°. Dieser Draht ist gleichfalls ein gesetzmässiges Kristallgebilde, wenn auch sein Bau im einzelnen nicht leicht zu entziffern ist*). Die sechsseitige Säule wird von den Flächen eines Ikositetraeders gebildet, die zu einer (hier nicht vorhandenen) Oktaederfläche senkrecht liegen; der knieförmig umgebogene Teil des oberen Endes befindet sich in Zwillingsstellung mit dem andern Teil des Drahtes und zwar nach einer Oktaederfläche, die zur Säulenrichtung nicht senkrecht liegt.

Das natürliche Kupfer ist nahezu chemisch rein, hat daher ein recht konstantes spezifisches Gewicht von 8,9; seine Härte ist gleich der von Kalkspat; wie die andern weichen Metalle ist es in hohem Grade dehnbar und hämmerbar. Von Säuren wird es je nach ihrer Verdünnung mehr oder weniger leicht aufgelöst, auch in wässerigem Ammoniak ist es löslich, mit Salzsäure befeuchtet färbt es die Flamme blau. Reines Kupfer schmilzt bei 1050°, bei Zutritt von Luft geht das geschmolzene Kupfer an seiner Oberfläche in Oxyd über; bei der natürlichen Verwitterung geht aus ihm Rotkupfererz und Malachit hervor.

Das Kupfer findet sich auf Gängen in Sedimentgesteinen, eingewachsen in Sandstein, Schiefer und Kalkstein und in den Hohlräumen von Melaphyrmandelstein und seiner Umgebung.

Einige durch die Menge des Erzes wichtige oder sonst interessante Vorkommen sind die folgenden:

In Deutschland findet sich gediegen Kupfer im ganzen selten und nie in grossen Mengen. Ein alter Fundort ist der Virneberg bei Rheinbreitbach, unfern Honnef am Rhein, wo Kupfer mit Quarz auf Gängen in Grauwacke vorkam; baumförmiges Kupfer von dort ist auf unserer Tafel 10 in Figur 8 abgebildet. Ebenfalls in einem Quarzgang findet sich dickplattiges, löcheriges und zerhacktes Kupfer zu Hohenstein bei Reichenbach im Odenwald (Figur 12) in bis zu 3 kg schwerer Masse. Sehr zierliches Kupfer hat sich auf der Blei- und Silbergrube Friedrichssegen bei Ems gefunden (Figur 7), kleine Flitterchen von Kupfer finden sich in dem Kupferschiefer von Mansfeld und in dem »eisernen Hut« von Kupferkiesgängen im Gebiet von Siegen und Dillenburg.

Grosse Berühmtheit haben die an der Turja gelegenen Turjinschen Gruben im Bergrevier Bogoslowsk, Gouv. Perm in Russland erlangt. Das Kupfer findet sich hier in körnigem Kalk eingewachsen (Figur 5), in dessen Nähe Eruptivgesteine auftreten, und ist ausgezeichnet durch seine grosse Reinheit und die Schönheit seiner Kristalle, von der Figur 3 und 5 eine immerhin nur schwache Vorstellung geben. Andere Fundorte liegen in der Umgebung von Nischne-Tagilsk, Jekaterinburg, am Schlangenberg in Altai und in der Kirgisensteppe im Distrikt Kargalinsk.

---

*) Das Stück gehört dem Königl. Naturalienkabinett in Stuttgart und soll vom Obern See stammen; auf der zugehörigen Etikette befindet sich ein kurzer Hinweis auf seinen Bau, wie es scheint, von der Hand G. vom Raths herrührend. Ebensolche Gebilde haben sich in der früheren Norddeutschen Affinerie in Hamburg abgeschieden, und es wäre immerhin an die Möglichkeit zu denken, dass auch der hier beschriebene Kristall von da stammt, er ist in seiner Form mit diesen völlig identisch.

Das grösste Kupfervorkommen auf der ganzen Erde ist das auf der Halbinsel Keweenaw am Südufer des Lake superior im Staate Michigan. Auf alten Sedimenten, die zur cambrischen Formation gehören, lagern hier mächtige Decken von Melaphyr und Quarzporphyr, die einst als Lava aus dem Erdinnern hervorgebrochen sind und das Kupfer mitgebracht haben. Es findet sich in dem Melaphyr und Porphyr und auf Gängen in seiner Nachbarschaft, die bis zu 10 m Mächtigkeit erreichen, und ist begleitet von wenig gediegenem Silber, Kalkspat, Quarz, Prehnit und vielen Zeolithen. Von hier stammen die schönsten Kristalle (Figur 1, 2, 4 und 9 der Tafel 10 und Figur 5 der Tafel 7) und ungeheure zusammenhängende Massen von gediegen Kupfer sind hier angetroffen worden bis zu einem Gewicht von mehreren Tausend Kilogramm, so dass ihre Förderung nicht geringe technische Schwierigkeiten bereitete. Die Gesamtproduktion der Gruben am Oberen See im Jahre 1898 betrug 62 668 Tonnen. Dem reichen Gewinn stehen grosse Ausgaben gegenüber, die Anlage eines einzigen, 1500 m tiefen Schachtes kostete allein 12¹/₂ Millionen Frank. Grosse Kupfermassen in Blöcken von über 100 kg Gewicht kommen auf der Copper Queen-Grube in Arizona vor.

In Südamerika tritt gediegen Kupfer in reichlicher Menge im Hochland von Bolivia in der Umgebung der Stadt Corocoro südlich vom Titicacasee auf; es ist hier in einem Sandstein eingesprengt, der zur Permischen Formation gehört, und findet sich darin in zusammengerollten Platten (Figur 11 der Tafel 10) in Stauden- und Baumform (Figur 10), auch in schönen Kristallen und in Pseudomorphosen nach Aragonit (Tafel 74, 10). Schon die alten Inkas gewannen hier Kupfer, der moderne Bergbau datiert von dem Jahre 1832, die durchschnittliche Jahresproduktion beträgt 2300 Tonnen.

In Chile findet sich gediegen Kupfer mit Kupfererzen, Freigold, Schwefelkies, Quarz und Turmalin auf Gängen, die an granitische und andere saure Eruptivgesteine gebunden sind. An der Kupferproduktion von Chile, die im Jahre 1898 25 248 Tonnen betrug, hat das gediegene Kupfer nur geringen Anteil.

Von den Lagerstätten in Afrika dürften die in Damaraland an der Westküste von Südafrika an gediegen Kupfer am reichsten sein; ein baumförmiges Kupfer von dort ist in Figur 6 unserer Tafel abgebildet.

In Südaustralien haben die Burra-Burra-Gruben und besonders die von Wallaroo auf der Halbinsel Yorke und von Moonta gediegen Kupfer geliefert, die ersteren sind abgebaut, die beiden andern lieferten im Jahre 1897 5100 Tonnen Kupfer, aber nicht nur aus dem gediegenen Kupfer.

In den andern an Kupfer reichen Ländern wird dies vorzugsweise aus seinen Erzen gewonnen.

Die Verwendung von Kupfer und die Produktion werden wir nach Besprechung der Kupfererze und ihrer Abkömmlinge aufführen.

Kupfererze.

Da Kupfer sich leicht mit andern Elementen verbindet, ist die Zahl der Mineralien, die Kupfer als wesentlichen Bestandteil enthalten, sehr gross; als eigentliche Kupfererze sind ausser gediegen Kupfer die zu bezeichnen, die massenhaft vorkommen und auf Kupfer verhüttet werden, die andern Kupfermineralien sind Verwitterungsprodukte der Erze, die darum häufig mit ihnen zusammen vorkommen und zum Teil auch noch als Erze verwendet werden, oder es sind Mineralien, die unabhängig von den Erzen auftreten und im ganzen selten sind. Während wir von Silber Verbindungen mit Sauerstoff nicht kennen,

sind diese bei Kupfer sehr häufig und alle Kupferverbindungen, die mit den Atmosphärilien, Wasser, Kohlensäure und Sauerstoff, dauernd in Berührung sind, verbinden sich hiermit und gehen in wasserhaltiges kohlensaures Kupfer, in grünen Malachit über. Weil sich Kupfer so leicht mit Sauerstoff verbindet, wird es nicht mehr als »edles« Metall betrachtet.

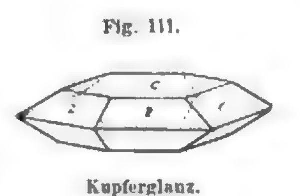
Wir führen hier von den Kupfererzen und Kupferverbindungen die folgenden vor:

Kupferglanz Cu_2S,	Kupferindig CuS,
Kupferkies $CuFeS_2$,	Buntkupfererz Cu_3FeS_3,
Fahlerz Cu_3SbS_3 (Cu_3AsS_3),	Bournonit $Cu_2Pb_2Sb_2S_6$,
Rotkupfererz Cu_2O,	Kupferlasur $2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$,
Malachit $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$,	Dioptas H_2CuSiO_4,
Atacamit $Cu(OH)Cl \cdot Cu(OH)_2$,	Euchroit $Cu_2(OH)AsO_4 \cdot 3H_2O$.
Kupfervitriol $CuSO_4 \cdot 5H_2O$,	

Kupferglanz enthält, wenn er ganz rein ist, 79,8% Kupfer und 20,2% Schwefel, meist ist ein kleiner Teil des Kupfers durch Eisen vertreten, immer aber bleibt Kupferglanz eines der reichsten Kupfererze und wird im Kupfergehalt nur von dem Rotkupfererz übertroffen, das aber nicht so massenhaft vorkommt. Die derben Massen sind unansehnlich schwärzlich bleigrau und matt; wenn der Gehalt an Kupfer nicht schon durch Malachit verraten wird, kann man Kupfer leicht nachweisen, indem man ein wenig von dem gepulverten Mineral mit Soda zusammenschmilzt; es bleibt dann ein Korn, das sich leicht plattschlagen lässt und an der roten Farbe als Kupferkorn erkannt werden kann. Die Schmelze selbst gibt starke Heparreaktion und lässt uns hierdurch den Schwefel erkennen.

Die Kristalle (Tafel 11, Figur 1 und 2) sehen aus, als ob sie hexagonal und von Basis, Pyramide, Prisma begrenzt wären, sie sind aber rhombisch, mit der rhombischen Pyramide $\frac{1}{3}P$ (z in der Figur 111) ist das Brachydoma $\frac{2}{3}P\breve{\infty}$ (e) kombiniert, deren Flächen zusammen die scheinbare hexagonale Pyramide bilden, deren Spitze durch die Basis c abgestumpft ist. Ebenso ist mit dem Vertikalprisma ∞P, dessen Winkel nahezu 120° beträgt (119° 35′), das Brachypinakoid $\infty P\breve{\infty}$ kombiniert, beide Formen zusammen bilden ein scheinbar hexagonales Prisma. Dass die Kristalle rhombisch sind, ist ausser durch genaue Winkelmessung manchmal aus einer Streifung auf der Basis zu ersehen, die nach nur einer Richtung verläuft, nämlich der kurzen Achse a parallel geht. Die Kristalle bilden nicht selten Zwillinge, so dass zwei oder mehr Individuen nach einer Fläche des Vertikalprismas verwachsen sind, die Streifen stossen dann unter einem Winkel von nahezu 60° aneinander und deuten am besten die Zwillingsverwachsung an (Figur 3). Auch Durchkreuzungszwillinge nach andern Gesetzen kommen vor.

Fig. 111.



Kupferglanz.

Die Härte des Minerals ist 2—3, es ist wenig geschmeidig, sein spezifisches Gewicht ist 5,5—5,8.

Kupferglanz findet sich derb mit Eisenspat zusammen auf Gängen bei Siegen, als Versteinerungsmittel von Pflanzen (Ullmannia Bronni) bei Frankenberg in Hessen, sog. Frankenberger Kornähren, als feine Imprägnation mit Buntkupfererz (Figur 11) und Kupferkies im Kupferschiefer von Mansfeld und Sangerhausen, auf Gängen im sächsischen Erzgebirge, die Kristalle kommen fast alle von St. Just in Cornwall, wo sie auf Gängen in Granit und Tonschiefer auftreten. Aus dieser Gegend, von Redruth, sind die in Figur 1 und 2 abgebildeten Kristalle. Im Ural findet sich derber Kupferglanz auf den Turjin'schen Kupfergruben bei Bogoslowsk und bei Nischne-Tagilsk zusammen mit Malachit und anderen Kupfererzen. Reich an Kupferglanz sind auch Südafrika, Chile,

Digitized by Google

Bolivia und die Vereinigten Staaten. Hier kommen bei Bristol in Connecticut ausser derben Massen auch durch Grösse ausgezeichnete Kristalle vor, ähnlich denen von Cornwall; von hier stammt der in Figur 3 abgebildete Zwillingskristall; reiche Gänge (Anacondagang) werden im Staate Montana abgebaut.

Kupferindig hat seinen Namen wegen der dunkel indigblauen Farbe bekommen, (Figur 4 auf Tafel 11) es sind derbe Massen, die nur geringen Glanz besitzen und meist als Ueberzug auf andern Kupfererzen auftreten, durch deren Umwandlung sie entstanden sind. Die sehr seltenen Kristalle sind hexagonal, sie, wie die Blättchen und Körnchen der derben Aggregate besitzen recht vollkommene Spaltbarkeit nach der Basis und auf der Spaltfläche perlmutterartigen Glanz, die Blättchen sind biegsam, milde und sehr weich.

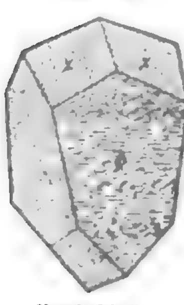
Das Mineral ist im ganzen nicht selten, tritt aber meist nur in geringer Menge auf. So ist es bekannt von der Grube Stangenwaag bei Dillenburg, im Bezirk von Siegen und vielen andern Orten, grössere Mengen finden sich in Chile und Peru zusammen mit Kupferkies und durchwachsen mit Schwefelkies.

Kupferkies oder Chalkopyrit ist von allen Kupfererzen an seiner messinggelben Farbe und dem lebhaften Metallglanz am leichtesten zu erkennen, verwechseln könnte man ihn mit Schwefelkies, dessen Farbe aber mehr ins graue geht (speisgelb) oder mit Gold, das aber durch seine Geschmeidigkeit und andere Eigenschaften so ausgezeichnet ist, dass eine Verwechslung kaum ernstlich in Frage kommt, in allen Fällen ist Kupferkies nach seiner chemischen Zusammensetzung und Kristallisation zu erkennen.

Kupferkies enthält $34\frac{1}{2}$ % Kupfer, $30\frac{1}{2}$ % Eisen und 35 % Schwefel. Wenn er erhitzt wird, zerspringt er unter Knistern zu feinem Pulver; um die Bestandteile nachzuweisen, erhitzt man ihn daher am besten zuerst in einem unten zugeschmolzenen Glasröhrchen, der Schwefel bildet dann ein feines Sublimat; darauf erhitzt man das Pulver mit dem Lötrohr auf Kohle, der Schwefel entweicht als stechend riechendes Schwefeldioxyd, das Pulver schmilzt und gibt ein magnetisches Korn (durch das Eisen); mit Salzsäure befeuchtet, färbt dies die Flamme blau (durch Kupferchlorid) dann grün (durch Kupferoxyd), so hat man in kürzester Zeit alle Bestandteile erkannt. Buntkupfererz verhält sich ebenso, besitzt aber andere Farbe.

Die Kristalle von Kupferkies sind meist klein und undeutlich, lassen aber doch erkennen, dass sie der tetraedrischen Hemiedrie des quadratischen Systems angehören. So sind die Kristalle der in Figur 5, Tafel 11, abgebildeten Stufe von einem Tetraeder und Gegentetraeder begrenzt, die in Figur 6 sind kleine scharfe Tetraeder; an dem Kristall in Figur 8 sind beide Tetraeder ziemlich gleich gross und an der Oberfläche etwas bunt angelaufen, der in Figur 7a und b abgebildete Kristall zeigt ein quadratisches Skalenoeder kombiniert mit einem steilen Tetraeder. Die Textfigur 112 erläutert uns diesen Kristall; die mit χ bezeichneten Flächen sind die des Skalenoeders, die andern die des steilen Tetraeders. Auf unserer Tafel ist der Kristall in Figur 7a in der gleichen aufrechten Stellung abgebildet, nur gegenüber der Zeichnung ein wenig herumgedreht; die oberen Flächen gehören dem Skalenoeder, die am Rande dem Tetraeder an, es ist am Kristall kleiner als in der Zeichnung.

Fig. 112.



Kupferkies.

Zwillinge nach einer Fläche des Tetraeders sind sehr häufig, aber meist durch wiederholte Zwillingsverwachsung undeutlich; unter den Kristallen auf der Stufe in Figur 9 befinden sich einfache Zwillinge, treten aber in der Abbildung nicht scharf hervor. Ein Beispiel für eine Gruppe oktaedrischer regelmässig und unregelmässig miteinander verwachsener Kristalle bietet Figur 10.

Digitized by Google

Ausser in aufgewachsenen Kristallen findet sich Kupferkies besonders häufig in derben Massen, an der Oberfläche oft bunt angelaufen, im Innern frisch und metallisch glänzend. Auch als Ueberzug über Fahlerz (Tafel 12, 6) Zinkblende (Tafel 20, 11) und Bleiglanz (Tafel 16, 8) tritt er auf.

Kupferkies ist recht leicht der Verwitterung unterworfen und liefert je nach deren Verlauf bald diese, bald jene neuen Mineralien, oft mehrere mit einander gemengt. Die einfache Oxydation liefert die in Wasser leicht löslichen Sulfate Kupfervitriol und Eisenvitriol; aus der ersteren kann das Kupfer durch metallisches Eisen niedergeschlagen werden und wird so als Zementkupfer daraus gewonnen. Unter der Einwirkung der Atmosphärilien oder von Karbonaten bildet sich Malachit, Kupferlasur und Brauneisenstein. Indem das Eisen des Kupferkieses zu Brauneisenstein oxydiert wird, wird das Kupfer zu Oxydul reduziert und als Rotkupfererz abgeschieden, das mit Brauneisen gemengt das sog. Ziegelerz bildet; auch Kupferpecherz ist ein solches Gemenge. Bisweilen geht die Reduktion noch weiter, sodass gediegen Kupfer entsteht. Die Verwitterungsprodukte finden sich besonders da, wo die Gänge an die Erdoberfläche treten in dem sog. eisernen Hut der Gänge.

In der Natur findet sich Kupferkies vorzugsweise auf Gängen in Tonschiefer, meist in der Nähe von Eruptivgesteinen, und begleitet von Eisenspat (Tafel 11, 5 und 10), Quarz, Zinkblende und Bleiglanz (Siegen, Claustal). Oder er tritt in Lagern auf, begleitet von Schwefelkies (Rammelsberg in Goslar) oder fein verteilt in Sedimenten (Kupferschiefer von Mansfeld).

Die Zahl der Fundorte von Kupferkies ist ausserordentlich gross, wir nennen hier nur einige, an denen gute Kristalle oder reiche Erze vorkommen:

Schon seit dem Jahre 972 wird das Erzlager des Rammelsberg bei Goslar im Harz abgebaut und liefert heute noch reiche Erze. Es sind derbe Gemenge von Kupferkies mit Schwefelkies, Zinkblende, Bleiglanz und Schwerspat, die ein mächtiges, in sich geschichtetes Lager in den devonischen Schichten bilden; der Kupfergehalt der Erze beträgt 8—15½%, die Produktion an Kupfer- und Bleierz beträgt jährlich rund 50000 Tonnen. Ganz ähnlich tritt Kupferkies in den Kieslagern von Rio Tinto in Spanien auf, wir werden dies wichtige Vorkommen bei Schwefelkies kennen lernen. Aus einem der Erzgänge bei Claustal stammen die in Figur 8, Tafel 11, abgebildeten Kristalle, von der Grube Zilla bei Claustal das mit Kupferkies überwachsene Fahlerz auf Tafel 12, Figur 6, von den Gängen bei Neudorf im Harz der Kupferkies mit Eisenspat und Quarz in Figur 10. Im sächsischen Erzgebirge ist Kupferkies recht verbreitet, ohne in grossen Massen aufzutreten; wir führen in Abbildung 9 Kristalle von Sadisdorf bei Altenberg vor. Im rheinischen Schiefergebirge im Bezirk von Dillenburg und Siegen ist Kupferkies auf Gängen häufig, gute Kristalle sind selten; besonders schöne sind auf der Grube Heinrich bei Littfeld vorgekommen.

Reich an schönen Kristallen ist England in Cornwall und Devonshire; die Stufe der Figur 5 mit dem ungewöhnlich scharfen Kristall stammt von der Carn Brea-mine bei Redruth in Cornwall.

Von den vielen Fundorten in den Vereinigten Staaten nennen wir die French Creek Mines in Chester Co., Pennsylvanien, wo die in Figur 7 abgebildeten skalenoedrischen Kristalle sich in Kalkspat eingewachsen finden. Mit ihnen zusammen tritt Schwefelkies (Figur 1, Tafel 2) auf, beide Mineralien in ringsum ausgebildeten Kristallen. Die Stufe mit den kleinen scharfen Tetraedern in Figur 6, Tafel 11, stammt von Joplin in Jasper Co., Missouri. An derbem Kupferkies ist der in Granit aufsetzende Anacondagang im Staate Montana ausserordentlich reich.

Buntkupfererz ist an der Oberfläche bunt, blau und rot, angelaufen (Tafel 11, 11) und hat daher seinen Namen bekommen; auf frischem Bruch ist es bronzefarbig oder

Digitized by Google

tombakbraun, dabei immer metallisch glänzend. Diese verschiedene Farbe auf frischem Bruch und alter Oberfläche ist sehr charakteristisch für unser Mineral. Seine Bestandteile sind dieselben wie die von Kupferkies: Kupfer, Eisen und Schwefel, aber das Mengenverhältnis ist ein anderes, die Analyse der reinsten Kristalle führt auf die Formel $Cu_3 Fe S_3$, in der Regel ist die Zusammensetzung durch Beimengung anderer Mineralien Schwankungen unterworfen, der Kupfergehalt sollte 55,57 % betragen, er steigt aber bis 71 % und fällt bis 45 %. Das chemische Verhalten ist das gleiche wie von Kupferkies.

Die seltenen, kleinen und unscheinbaren Kristalle sind reguläre Würfel, meist bildet das Mineral derbe Massen und findet sich in Kupferschiefer eingesprengt im Gebiete von Mansfeld, das in Figur 11 abgebildete Stück zeigt links den schwarzen Kupferschiefer, rechts Buntkupfererz und Schwerspat. Ferner findet sich das Erz in nennenswerten Mengen bei Kupferberg in Schlesien, hier auf Gängen in Dioritschiefer, und bei Gosenbach im Siegenschen. Die Kristalle kommen besonders aus dem Distrikt Illogan in Cornwall, grössere Mengen derben Erzes aus Chile, Bolivia und Peru.

Der Kupferschiefer, den wir schon mehrfach genannt haben, hat durch seine Erzführung für Deutschland sehr grosse Bedeutung. Es ist ein durch Bitumen schwarz gefärbter Schiefer von 0,5—0,6 m Mächtigkeit, der die untersten Schichten der deutschen Zechsteinformation bildet und in dem Gebiet zwischen Harz und Thüringer Wald im Mansfelder Becken seine Hauptverbreitung hat, aber auch bei Riechelsdorf, nicht weit von Bebra, und bei Bieber, nicht weit von Gelnhausen, auftritt, ein Beweis, dass das Meer, in dem in der Vorzeit diese Schichten als Schlamm abgesetzt sind, einstmals bis in diese Gebiete sich erstreckte; der Vogelsberg und die Rhön waren zu jener Zeit noch nicht vorhanden. Auf den Schichtflächen des Kupferschiefers finden sich zahllose, wohlerhaltene Fischabdrücke, die den Eindruck erwecken, als seien die Fische plötzlich abgestorben. Der ganze Schiefer ist durchdrungen von staubartig fein verteilten Kupfererzen, hauptsächlich Kupferglanz, Buntkupfererz und Kupferkies, durch die er bei seiner grossen Verbreitung zum wichtigsten Kupfererz für Deutschland geworden ist. Der Gehalt an Kupfer beträgt 2—3 %, zugleich enthält Kupferschiefer 0,01—0,02 % Silber, durchschnittlich sind in der Tonne Kupfer 5 kg Silber enthalten, so dass der Kupferschiefer zugleich ein wichtiges Silbererz ist, und mancher Taler zeugt von dem »Segen des Mansfelder Bergbaus«. Die Produktion betrug im Jahre 1901 695 321 Tonnen Erz mit 19 080 Tonnen Kupfer und 99 132 kg Feinsilber. Die Gewerkschaft ist die grösste deutsche Silberproduzentin.

Die Schichtsysteme, zu denen Kupferschiefer gehört, sind nicht selten von Spalten durchsetzt, an denen sich die Schichten verschoben haben, und in diesen Spalten haben sich Kobalt- und Nickelerze (Speiskobalt, Rotnickelkies, Chloanthit) mit Schwerspat und Kalkspat angesiedelt, während Kupfererze bemerkenswerterweise diesen gegenüber stark zurücktreten. Solche an Kobalterzen reiche Gänge werden als Rücken oder Kobaltrücken bezeichnet. Die Kobalt- und Nickelerze sind sicher aus Lösungen abgesetzt, die auf den Spalten aus dem Erdinnern hervorgedrungen sind, aber woher stammt das Erz, das den Kupferschiefer in weiter Verbreitung und in noch grösserer Verbreitung mit ihm gleichalterige Schichten (z. B. in Russland) durchdringt?

Eine bestimmte Auskunft können wir auf diese Frage nicht geben, wahrscheinlich haben sich in das Meeresbecken, in dem diese Schichten zur Ablagerung gekommen sind, Kupferlösungen ergossen, aus denen die Erze niedergeschlagen wurden und die entweder durch Verwitterung vorhandener Kupfererze entstanden oder auf Spalten aus unbekannten Erdtiefen hervorgedrungen sind.

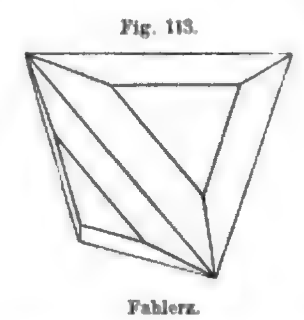
Fahlerz ist der Name für eine Gruppe von Mineralien, die in ihrer Formenausbildung übereinstimmen, aber in ihrer chemischen Zusammensetzung recht beträcht-

liche Unterschiede aufweisen; sie haben ihren Namen wegen ihrer fahlen, grauen Farbe erhalten.

Die Kristalle sind regulär-tetraedrisch und sind die besten Beispiele für diese Abteilung des regulären Systems, weshalb das Mineral auch den wenig geläufigen Namen Tetraedrit bekommen hat. Die Kristalle der in Figur 1 auf Tafel 12 abgebildeten Stufe sind von dem Tetraeder $\frac{O}{2}$ und dem Gegentetraeder $-\frac{O}{2}$ begrenzt, die Flächen des ersteren sind gross und glänzend, die andern sind klein und matt. Der grosse Kristall in Figur 3 zeigt ein Pyramidentetraeder mit dem Tetraeder, das auf der linken Seite im Bild mit einer grossen Fläche ausgebildet ist, auf der rechten fehlt, eine Unregelmässigkeit, die öfters an Kristallen zu beobachten ist.

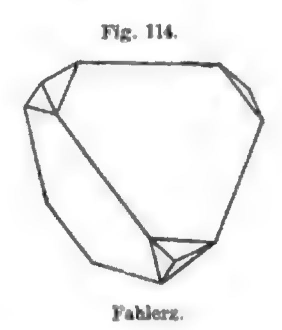
Die Kristalle der in Figur 4 abgebildeten Stufe sind vorherrschend von dem Tetraeder $\frac{O}{2}$ begrenzt, ihre Kanten sind zugeschärft durch das Pyramidentetraeder $\frac{2O2}{2}$ (Textfigur 113) und die Ecken zugespitzt durch das Rhombendodekaeder ∞O (Textfigur 114). Aehnliche Form zeigen die Kristalle in Abbildung 2, es treten aber da noch viele andere Flächen hinzu, die freilich so klein sind, dass sie im Bild nicht zu erkennen sind. Eine abweichende Form haben die schwarzen Kristalle in Figur 5, bei denen das Rhombendodekaeder vorherrscht; seine dreikantigen Ecken sind durch ein Tetraeder abgestumpft.

Fig. 113.



Fahlerz.

Fig. 114.



Fahlerz.

Ein in mehrfacher Hinsicht ausgezeichneter Kristall ist in Figur 6 abgebildet. Zunächst ist er mit einer Rinde von Kupferkies überzogen, so dünn, dass die Form doch noch zu erkennen ist. Mit dem Hauptkristall ist ein kleinerer verwachsen, der als schmaler Rücken aus ihm heraustritt, beide hätten die Tetraederfläche gemein, die die obere rechte Ecke abstumpfen würde, es liegt also ein Zwilling*) vor. Auf der uns zugewendeten Seite des Kristalls, aus der das Zwillingsindividuum hervorragt, sind Flächen von zwei Pyramidentetraedern gross entwickelt; die Tetraederfläche fehlt, während auf der abgewendeten Seite diese vorhanden ist und die Flächen der Pyramidentetraeder mehr zurücktreten.

Die Farbe von Fahlerz ist stahlgrau bis eisenschwarz, meist verbunden mit Metallglanz; bisweilen sind die Kristalle ein wenig bunt angelaufen (Figur 4) oder matt und schwarz (Figur 5). Die Härte geht über 4 hinaus, das spezifische Gewicht schwankt zwischen 4,4 und 5,1. Diese grossen Schwankungen sind eine Folge der ungleichen chemischen Zusammensetzung.

Alle Fahlerze enthalten Kupfer und Schwefel und ausserdem entweder Antimon oder Arsen, so dass sie hiernach als Antimonfahlerz und Arsenfahlerz unterschieden werden können. Die chemische Formel des ersteren ist Cu_3SbS_3, die des andern Cu_3AsS_3, die meisten sind Antimonfahlerze, die mehr oder weniger von der Arsenverbindung beigemischt enthalten. Das Kupfer wird in vielen Antimonfahlerzen durch Silber ersetzt, in andern tritt statt dessen Quecksilber auf, fast alle enthalten Eisen, viele Zink. Der Kupfergehalt sollte bei dem reinen Antimonfahlerz 46,8%, bei dem Arsenfahlerz 58,6% betragen und geht über diesen Wert auch nicht hinaus, bleibt aber oft erheblich darunter, wenn

*) Auch aus dem einen unteren Kristall in Figur 4 ragt eine kleine Ecke eines Kristalls heraus, der mit dem grossen zwillingsartig verwachsen ist.

das Kupfer durch andere Metalle ersetzt ist. Der Silbergehalt steigt bis zu 25 %, Arsen fehlt in silberreichen Fahlerzen völlig. Der Quecksilbergehalt beträgt in manchen bis zu 16 %. Als Verwitterungsprodukt bildet sich besonders Kupferlasur, Malachit, seltener dazu noch Antimonocker.

Vor dem Lötrohr auf Kohle schmilzt Fahlerz leicht und gibt Antimonbeschlag; das Kupfer erkennt man am besten daran, dass das abgeröstete Korn, mit Salzsäure befeuchtet, die Flamme des Bunsenbrenners blau färbt; Arsen gibt sich durch den knoblauchartigen Geruch zu erkennen, Schwefel weist man am sichersten durch Zusammenschmelzen mit Soda und die Heparreaktion nach.

Fahlerz findet sich in Kristallen und derben Massen auf Gängen begleitet von Kupferkies, Zinkblende (Tafel 20, Figur 10), Schwefelkies, Quarz (Tafel 12, Figur 4) und Eisenspat.

Schöne Kristalle finden sich auf den Erzgängen bei Claustal (Figur 3), die mit Kupferkies überzogenen (Fig. 6) auf der Grube Zilla bei Claustal. Flächenreiche Kristalle, oft rissig und geborsten (Figur 2), sind auf der Grube Aurora bei Dillenburg vorgekommen, kleine Kristalle mit derbem Fahlerz finden sich bei Müsen, ausgezeichnet schöne und scharfe Kristalle auf Grube Georg bei Horhausen im Bezirk Koblenz. Auch auf den Erzgängen in Sachsen tritt Fahlerz auf.

Durch Grösse ausgezeichnete Kristalle kommen von dem Berge Botes in Siebenbürgen (Figur 1), ein besonders reicher Fundort für schöne Fahlerzkristalle sind die Erzgänge bei Kapnik in Ungarn. Quecksilberfahlerz ist auf den Quecksilberlagern in der bayrischen Pfalz vorgekommen und findet sich bei Schwaz in Tirol, während das vom Kleinkogel bei Brixlegg in Tirol (Figur 5) als quecksilberfrei angegeben wird.

In England findet sich Fahlerz auf den Erzgängen in Cornwall und Devonshire, auch Arsenfahlerz, Tennantit genannt, ist hier verbreitet; bei St. Austell kommen mit Kupferkies überzogene, bunt angelaufene Kristalle vor, ähnlich denen von Claustal.

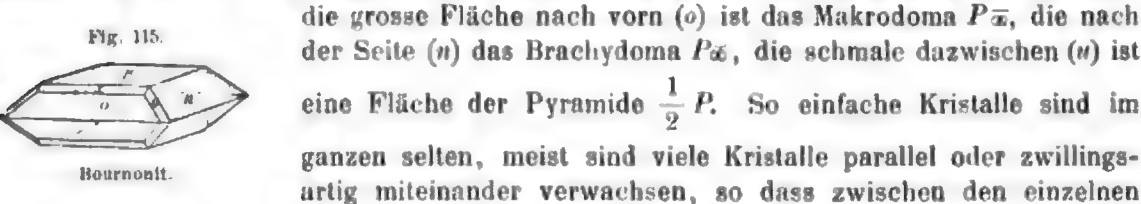
In Russland sind Fahlerzkristalle auf den Wassiljewskischen Gruben im Ural, auf den Goldgängen von Beresowsk vorgekommen, aber im ganzen selten.

Zahlreich sind die Fundorte von Fahlerz in Chile, Peru und Bolivia, auch in den Vereinigten Staaten ist Fahlerz nicht selten.

Bournonit enthält ausser den Bestandteilen des Antimonfahlerzes noch Blei, seine einfachste Formel ist $CuPbSbS_3$; im Vergleich mit der von Fahlerz kann man annehmen, dass zwei Atome des einwertigen Kupfers durch ein Atom des zweiwertigen Bleis ersetzt seien. Er enthält 13 % Kupfer, 42,5 % Blei, 24,7 % Antimon und 19,8 % Schwefel, ist also zugleich Kupfer- und Bleierz.

Seine Kristalle gehören dem rhombischen System an; der in Figur 7 der Tafel 12 abgebildete, durch die Textfigur 115 näher erläuterte Kristall ist tafelig nach der Basis (*c*), die grosse Fläche nach vorn (*o*) ist das Makrodoma $P\bar{\infty}$, die nach der Seite (*n*) das Brachydoma $P\breve{\infty}$, die schmale dazwischen (*u*) ist eine Fläche der Pyramide $\frac{1}{2}P$. So einfache Kristalle sind im ganzen selten, meist sind viele Kristalle parallel oder zwillingsartig miteinander verwachsen, so dass zwischen den einzelnen einspringende Winkel entstehen (Tafel 12, Figur 8 und 9). Wegen dieser Ausbildung wird das Mineral auch Rädelerz genannt.

Fig. 115.



Bournonit.

Bournonit ist metallisch glänzend und grau (Figur 8), oder mehr schwarz und dann matt (Figur 9). Die Härte ist geringer als die von Fahlerz, ungefähr 3, das spezifische Gewicht 5,8.

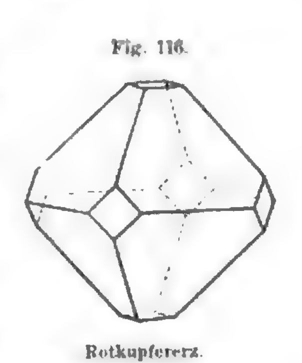
Vor dem Lötrohr erkennt man das Blei an seinem gelben Beschlag, die andern Bestandteile wie bei Fahlerz.

Digitized by Google

Bournonit findet sich auf Erzgängen zusammen mit Fahlerz, Bleiglanz, Zinkblende, Eisenspat und Quarz, im ganzen nicht sehr häufig. Der in Figur 7 abgebildete Kristall stammt von Horhausen im Bezirk Koblenz, grosse dicke Kristalle finden sich bei Neudorf im Harz, Rädelerz bei Kapnik in Ungarn und Nagyag in Siebenbürgen, in Cornwall (Figur 8 und 9), Mexiko, Peru, Bolivia.

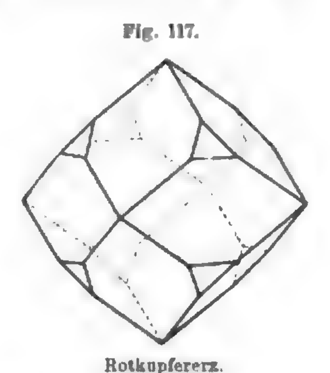
Rotkupfererz. Während die Kupfererze, welche Kupfer, Schwefel und Antimon, aber keinen Sauerstoff enthalten, metallisch glänzend und undurchsichtig sind, werden die Kupferverbindungen, welche Sauerstoff enthalten, durchsichtig, sind nicht metallisch und sind schön gefärbt, so dass sie zum Teil als Halbedelsteine Verwendung finden. Die einfachste Sauerstoffverbindung von Kupfer ist Rotkupfererz, es enthält nur Kupfer und Sauerstoff in dem Verhältnis 2:1, ist Kupferoxydul Cu_2O und mit 88,8 % Kupfer das reichste Kupfererz. Wie der Name schon besagt, ist seine Farbe rot, die Kristalle (Tafel 13, Figur 1—3) sind mit rubinroter oder dunkel cochenilleroter Farbe durchsichtig oder nur durchscheinend, an der Oberfläche matt oder glänzend, im letzteren Falle erscheinen sie wegen der ausserordentlich starken Lichtbrechung fast bleigrau (Figur 3), gegen das Licht gehalten sind sie aber doch rot durchsichtig und ihr Pulver ist cochenillerot; an dem Kristall der Figur 3 tritt diese Farbe an den ein wenig verletzten Stellen hervor. Die Lichtbrechung ist stärker als die von Diamant, nämlich für rotes Licht ist $n = 2{,}85$.

Fig. 116.



Rotkupfererz.

Fig. 117.



Rotkupfererz.

Die Kristalle sind regulär, Würfel (Tafel 13, 3), Oktaeder mit Würfel (Tafel 13, 2 und Textfigur 116); auch Oktaeder für sich allein, Rhombendodekaeder mit Oktaeder (Tafel 13, 1 und Textfigur 117) oder mit Würfel (Tafel 3, 1) und andere Kombinationen kommen vor und sind so ausgebildet, dass bald die eine, bald die andere dieser drei Formen vorherrscht. Eine besondere Ausbildungsform von Rotkupfererz ist der Chalkotrichit, das sind feine, haarförmige Kriställchen, die zu kleinen Büscheln vereinigt sind.

Die Härte ist $3^1/_2$—4, das spezifische Gewicht = 5,7—6, Spaltbarkeit nach den Flächen des Oktaeders auch nach denen des Würfels ist wahrnehmbar.

Das Mineral entsteht, wie wir schon gesehen haben (Seite 95), bei der Verwitterung von Kupferkies, findet sich darum meist mit Brauneisenstein zusammen (Figur 1—3) und es verwittert selbst leicht zu Malachit, wie die Pseudomorphosen (Figur 4) beweisen, welche die Form von Rotkupfererz, hier Oktaeder mit Rhombendodekaeder, besitzen und die aussen aus Malachit, im Innern oft noch aus Rotkupfererz bestehen. Auch auf Tafel 3 sind in Figur 2—4 solche Pseudomorphosen abgebildet und im Text Seite 45 beschrieben. Seltener wird Rotkupfererz in gediegen Kupfer umgewandelt, die in Figur 5 auf Tafel 3 abgebildete Pseudomorphose ist ein Beleg dafür.

Vor dem Lötrohr auf Kohle erhält man aus einer kleinen Probe nach kurzem Blasen und ohne weiteren Zusatz ein Kupferkorn, das beste Mittel, um derbes Rotkupfererz zu bestimmen.

Als Verwitterungsprodukt von Kupferkies findet sich Rotkupfererz besonders in dem Ausgehenden von Gängen, im sogenannten eisernen Hut von Kupferkiesgängen zusammen mit Brauneisenstein.

Schöne Kristalle finden sich im Siegenschen, der in Figur 1 ist von Käuser Steimel in der Nähe von Betzdorf, der haarförmige Chalkotrichit fand sich bei Rheinbreitbach.

Digitized by Google

Frische, besonders aber in Malachit umgewandelte Kristalle kommen in Ton eingewachsen bei Chessy unfern Lyon vor (Tafel 3, Figur 1—4 und Tafel 13, 4). Aus Cornwall in England kommen gute, scharfe Kristalle, die in Figur 2 sind von Liskeard, die in Figur 3 von Wheal Phönix.

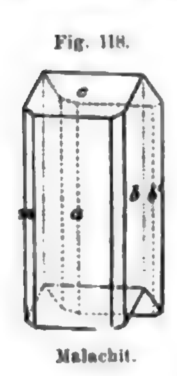
In Russland haben sich die schönsten Kristalle von Rotkupfererz zusammen mit körnigen Massen desselben in der Gumeschewskischen Kupfergrube 56 Werst (7½ geogr. Meilen) südwestlich von Katharinenburg am Westabhang des Ural gefunden, wir werden das Vorkommen bei Malachit etwas genauer besprechen. Weniger schöne Kristalle sind von der Grube Mednorudjansk bei Nischne Tagilsk bekannt geworden.

Weitere Fundorte sind Damaraland an der Westküste von Südafrika, hier auch Pseudomorphosen nach gediegen Kupfer, Arizona in den Vereinigten Staaten, Chile, Peru, Bolivia etc.

Tenorit heisst ein aus Kupferoxyd CuO bestehendes Mineral, das kleine schwarze, metallglänzende Blättchen bildet und auf Spalten in Vesuvlaven sich findet; dieselbe Zusammensetzung hat das in den Ducktown Mines in Tennesee und am Oberen See im Staate Michigan in den Vereinigten Staaten vorkommende derbe dichte Schwarzkupfererz, das hier in solchen Massen vorkommt, dass es ein wichtiges Kupfererz ist. Es heisst dort Melaconit.

Malachit (Tafel 13, Figur 5—10) ist die häufigste von allen Kupferverbindungen, weil es die an der Erdoberfläche beständigste ist, alle Kupferverbindungen, die der Einwirkung der Atmosphärilien ausgesetzt sind, gehen mit der Zeit in den grünen Malachit über. Die Patina, welche einen dünnen Ueberzug auf älteren Bronzedenkmälern bildet, ist in der Hauptsache Malachit. Der Himmel eines Deckengemäldes in einer Kapelle in der Schweiz, den man mit blauer Kupferlasur angelegt hatte, ist grün geworden, weil diese in Malachit übergegangen ist. Malachit enthält in sich ausser Kupfer die Bestandteile der Atmosphärilien, Kohlensäure und Wasser und man kann ihm die Formel $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ geben. Mit Salzsäure braust er auf, weil diese die Kohlensäure austreibt, und wenn man ihn mit Salzsäure befeuchtet und in die farblose Flamme eines Bunsenbrenners bringt, so färbt er die Flamme blau, dies genügt, um Malachit von ähnlich aussehenden Mineralien zu unterscheiden. Vor dem Lötrohr auf Kohle lässt sich leicht ein Korn metallisches Kupfer abscheiden.

Fig. 118.



Malachit.

Die Kristalle von Malachit sind monoklin, fast immer klein, undeutlich, prismatisch oder nadelförmig, dabei zu Zwillingen verwachsen (Figur 118), ihre Form spielt für uns keine weitere Rolle. Die nadelförmigen Kriställchen vereinigen sich zu kleineren und grösseren (Tafel 13, Figur 8) büschelförmigen Aggregaten und dies ist die häufigste Art des Vorkommens von Malachit, oder sie ordnen sich zu regelmässigen radialstrahligen Aggregaten mit kugelförmiger (Figur 9 und 10), nierenförmiger (Figur 5, 7), traubiger oder zapfenförmiger Gestalt an.

Diese nierenförmigen Knollen sind im Innern fein radial faserig (Figur 7) und zugleich ausgezeichnet konzentrisch-schalig gebaut (Figur 6) dadurch, dass dunklere und hellere, dichte und weniger dichte Lagen miteinander abwechseln und sich um mehrere Kerne herumlegen, erst jeden einzelnen, dann alle zusammen umhüllend; dabei schmiegt sich jede Lage der Form der Kerne an und jede bleibt in ihrem ganzen Verlauf gleich dick und es entsteht so eine Zeichnung, die am ersten mit der von Achat verglichen werden kann. Bei Achat sind die Schichten von aussen nach innen gebildet, hier von innen nach aussen, bei Achat sind die innersten Schichten die jüngsten, hier sind sie die ältesten.

Digitized by Google

Die Härte von Malachit ist gering ($3^1/_2$—4), was der Verarbeitung sehr zu statten kommt, das spezifische Gewicht schwankt um 4 herum. Die Durchsichtigkeit der feinfaserigen Aggregate ist sehr gering, die langfaserigen Aggregate besitzen Seidenglanz, die dichten sind matt.

Als Fundorte von Malachit könnten viele der bei Kupferkies genannten wieder aufgezählt werden, es mag darauf verwiesen werden. Wir nennen hier nur einige, die aus diesem oder jenem Grund wichtig sind:

Verhältnismässig gute Kristalle finden sich bei Wissen unfern Betzdorf; die Kupferlasur von Chessy ist oft mehr oder weniger weit in Malachit umgewandelt, bei der in Figur 1 der Tafel 14 abgebildeten Druse hat die Umwandlung am Rande schon begonnen. Dass auch Rotkupfererz unter Erhaltung der Kristallform in Malachit umgewandelt wird (Tafel 13, 4) haben wir bei diesem schon gesehen. Das Stück mit den grossen Kugeln in Figur 9 stammt aus Australien, wahrscheinlich aus den Burra-Burra-Gruben, schleifwürdiger Malachit findet sich in Queensland und Neu-Süd-Wales; das Stück mit den kleinen Kugeln stammt von Morenei in Arizona, die andern vier aus dem Ural, der Heimat des schönsten, durch prächtige Färbung ausgezeichneten Malachits. In dem Ural haben im vorigen Jahrhundert und zu der Zeit, als Gustav Rose mit Alexander von Humboldt ihn besuchten (1829), die Kupfergruben von Gumeschewsk, 56 Werste (etwa 60 Kilometer) südwestlich von Katharinenburg am Westabhang des Gebirges, die schönsten und grössten Malachitstücke geliefert, die der Abbildung 5, 6 und 8 stammen von hier. Nierenförmige Massen von Malachit im Gewichte von 160 kg und mehr sind hier gefunden worden, das Gewicht des grössten geförderten Malachitblocks wird gar zu 2800 kg angegeben! Ein Stück hiervon wird in dem Museum des Berginstituts in St. Petersburg aufbewahrt. Der Malachit findet sich hier mit Rotkupfererz, gediegen Kupfer und andern Kupfererzen in einem roten Letten eingebettet. Heute sind diese Gruben nicht mehr im Betrieb. Aehnlich ist das Vorkommen von Malachit auf der Grube Mednorudjansk bei Nischne-Tagilsk im nördlichen Ural, das in Figur 7 abgebildete Stück ist von hier. Diese Grube hat im Jahre 1836 das grösste Malachitstück geliefert, das je gefunden ist, es soll $17^1/_2$ Fuss lang, 8 Fuss breit und $3^1/_2$ Fuss hoch gewesen sein und ein Gewicht von 500—600 Zentner besessen haben. Der Malachit, der zur Zeit verarbeitet wird, wird auf den Gruben bei Nischne-Tagilsk gewonnen. Die Knollen liegen auch hier in einem tonigen Gestein und sind von andern Kupfererzen begleitet.

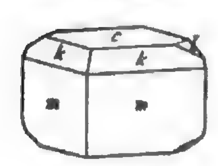
Verwendung. Die im Innern schön gezeichneten und genügend grossen Malachitknollen werden in den Steinschleifereien von Katharinenburg geschliffen und zu Vasen, Schalen, Tischplatten, mancherlei Gerätschaften und zu kleineren Schmucksachen verwendet. Prunkstücke aus Malachit, Geschenke der russichen Kaiser, können wir in manchen Museen sehen. Die grösseren Stücke wie Vasen, Tischplatten und Säulen bestehen nicht aus massivem Malachit, sondern aus irgend einem andern Material, das mit dünnen Malachitplatten passend belegt ist.

Der meiste Malachit in den Kupfergruben des Urals tritt in erbsengrossen und kleineren nierenförmigen Kügelchen auf, die dort mit anderen Kupfererzen auf Kupfer verhüttet werden, Malachit ist somit auch ein wichtiges Kupfererz. Für die Grube Mednorudjansk wird die jährliche Produktion zu 1240 Tonnen Kupfer angegeben.

Kupferlasur enthält dieselben Bestandteile wie Malachit, aber in anderem Verhältnis, die Zusammensetzung kann durch die Formel $2\,CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ ausgedrückt werden. Beide Mineralien verhalten sich daher gegen chemische Reagentien gleich, sie unterscheiden sich aber auffallend durch ihre Farbe, die bei Kupferlasur lasurblau ist, wie schon der Name andeutet, so tief blau, dass die Kristalle nur an den dünneren Stellen durchsichtig sind. Im Gegensatz zu Malachit kommt Kupferlasur auch in grossen Kristallen vor,

die freilich meist zu Gruppen verwachsen sind, so dass sich die einzelnen Kristalle nicht scharf abheben. Sie sind monoklin (Figur 119) und meist begrenzt von der vorherrschenden Basis (*c*), einem Vertikalprisma (*m*), einer Pyramide (*k*) und einem Brachydoma (*l*); durch ungleiche Ausdehnung der an sich gleichen Flächen sind die Kristalle, wie die Abbildungen 1 und 2 auf Tafel 14 zeigen, mehr oder weniger stark verzerrt. In der Regel sind die Kristalle sehr klein und bilden dicht gedrängt dunkelblaue krustenförmige Ueberzüge oder das Mineral wird erdig, ist dann heller blau und tritt als Anflug auf andern Mineralien auf, oder imprägniert zusammen mit Malachit die Gesteine, z. B. bunten Sandstein am Nordrand der Eifel, bei St. Avold und Wallerfangen bei Saarlouis, permischen Sandstein in der Steppe von Kargalinsk, 40 km von Orenburg, und an andern Orten in Russland.

Fig. 119.



Kupferlasur.

Die Härte von Kupferlasur ist $3^1/_2$—4, das spezifische Gewicht 3,8.

Kupferlasur entsteht bei der Verwitterung von kupferhaltigen Mineralien, besonders von Fahlerz und geht selbst in Malachit über, der darum ihr steter Begleiter ist.

Besonders schöne Kristalle kommen von Chessy bei Lyon (Figur 1), Schlangenberg am Altai, Copper Queen Mine in Arizona (Figur 2); hier bildet Lasur zusammen mit Malachit bauwürdige Erze, eingesprengt in Brauneisenstein, sie sind offenbar der »eiserne Hut« von in der Tiefe anstehenden geschwefelten Erzen.

Verwendung. Pulverisierte Kupferlasur, Bergblau genannt, wird als Farbe benutzt, ist aber fast gänzlich durch eine künstlich aus salpetersaurem Kupfer und gebranntem Kalk hergestellte blaue Farbe, »Kalkblau«, verdrängt, die unter anderm als Tapetenfarbe Verwendung findet. Ebenso wurde aus Malachit eine Farbe, Berggrün, hergestellt, für die jetzt eine ähnliche künstlich dargestellte grüne Verbindung benutzt wird.

Atacamit. Dies Mineral hat in seiner Farbe viel Aehnlichkeit mit Malachit, ist aber dunkler grün, kommt wie Malachit in faserigen und nierenförmigen Aggregaten, aber auch in grossen, schönen Kristallen vor, die dem rhombischen System angehören und säulenförmige Gestalt haben. Ein herrlicher Kristall von ungewöhnlicher Grösse ist in Figur 5 auf Tafel 14 abgebildet; ein vertikal gestreiftes Prisma mit Pyramide und Brachydoma am Ende; dieser Kristall wendet das Brachydoma mit einer breiten Fläche auf uns zu, der kleinere in Figur 6 ist so gestellt, dass es da nach links und rechts abfällt. Meist sind die Kristalle kleiner als diese und oft zu regellosen Gruppen verwachsen, wie in Figur 7 abgebildet. Von hier ab gibt es alle Uebergänge zu stengeligen und faserigen Aggregaten.

Diese faserigen Aggregate, die am ersten mit Malachit verwechselt werden könnten, lassen sich doch leicht von ihm unterscheiden, indem sie mit Salzsäure befeuchtet nicht aufbrausen, dagegen schon für sich allein die Flamme blau färben; dies zeigt uns an, dass das Mineral Kupfer und Chlor enthält; beim Erwärmen in einem geschlossenen Glasröhrchen bemerken wir leicht, dass Wasser ausgetrieben wird und damit haben wir die Bestandteile ermittelt. Die quantitative Analyse ergibt, dass das Mineral 59,4 % Kupfer, 16,67 % Chlor, und 12,7 % Wasser enthält, was an 100 noch fehlt, ist Sauerstoff, der irgendwie mit den andern Stoffen verbunden ist. Wasser ist wahrscheinlich als solches in dem Mineral gar nicht enthalten, sondern nur seine Bestandteile; beim Erhitzen entweichen sie und verbinden sich zu Wasser. Man kann die Zusammensetzung durch die Formel $Cu(OH)Cl \cdot Cu(OH)_2$ ausdrücken, Atacamit wäre hiernach ein überbasisches Kupferchlorid.

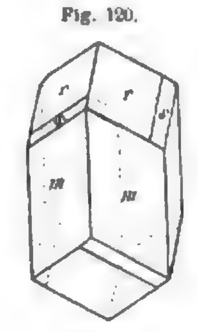
In der Natur geht auch dieses Kupfermineral in Malachit über und das in Umwandlung begriffene wird mit Salzsäure aufbrausen, aber auch für sich allein die Flamme blau färben.

Digitized by Google

Atacamit kommt nur an einigen Orten der Erde in grösseren Mengen vor; er hat seinen Namen nach der Provinz Atacama in Chile, in der er bei Remolinos und Ojancos in grösserer Menge hauptsächlich in faserigen Aggregaten auf Gängen auftritt. Die schönen auf der Tafel abgebildeten Kristalle stammen von der Burra-Burra-Grube nördlich von Adelaide in Australien, die im Jahre 1845 entdeckt wurde und nach reicher Ausbeute im Jahre 1877 wieder zum Erliegen kam. Auch an der Algondon-Bay in Bolivia ist viel Atacamit gefunden worden.

Dioptas ist schon ein seltenes Mineral, wir nennen es hier, weil es doch in mehrfacher Hinsicht interessant ist und schön kristallisiert, die Kristalle sind freilich klein. Dass das Mineral Kupfer enthält, möchten wir schon nach seiner smaragdgrünen Farbe vermuten, müssen aber bedenken, dass auch kupferfreie Mineralien wie Smaragd und Granat eine ähnliche grüne Farbe haben. Mit Salzsäure befeuchtet und geglüht, färbt es die Flamme blau, das Kupfer ist damit erkannt; die Säure würden wir erkennen, wenn wir das Mineral mit Salzsäure zersetzen, es scheidet sich dann eine Gallerte aus, die aus Kieselsäure besteht. Beim starken Erhitzen im Glasröhrchen wird Wasser ausgetrieben; das Mineral enthält demnach Kupfer, Kieselsäure und Wasser, die quantitative Analyse führt auf die Formel H_2CuSiO_4.

Fig. 120.



Dioptas.

Die Kristalle sind hexagonal (Textfigur 120), immer ist an ihnen ein Rhomboeder (*r*) und das Prisma der zweiten Stellung (*m*) vorhanden, bisweilen tritt dazu noch als schmale Abstumpfung zwischen einer Rhomboeder- und einer Prismenfläche ein Rhomboeder der dritten Stellung (*s*), der Dioptas ist hiernach rhomboedrisch-tetartoedrisch.

Die Härte ist 5, das spezifische Gewicht 3,3. Die Kristalle haben Glasglanz, sind aber selten durchsichtig.

Die beiden in Figur 3 und 4 der Tafel 14 abgebildeten Stufen stammen von dem wichtigsten Fundort dieses Minerals aus der mittleren Kirgisensteppe, 300 km südlich von dem Vorposten Kariakowsky am Berge Altyn-Tübe; die Kristalle finden sich hier mit Kalkspat aufgewachsen in den Klüften eines Kalksteins. Durch wieviel Hände müssen sie da schon gewandert sein, bis sie der Sammlung einverleibt wurden? Andere Fundorte sind Goldseifen im Jenisseischen Gouvernement, Copiapo in Chile, Clifton in Graham Co. in Arizona, in der Hauptsache ist Dioptas ein russisches Mineral.

Von einer besonderen Verwendung kann kaum die Rede sein, die meisten Kristalle ruhen in den Sammlungen, kaum dass mal ein klarer Kristall geschliffen und dem Smaragd untergeschoben würde.

Kieselsaures Kupfer findet sich auch in dichten amorphen Massen, die wie Malachit bald heller, bald dunkler grün, aber auch blau sind, es heisst Kupfergrün, Kieselkupfer oder Chrysokoll; genügend harte Stücke werden wohl als Halbedelstein geschliffen, das andere mit auf Kupfer verhüttet. Dillenburg, Bogoslowsk im Ural, Chile.

Kupfervitriol ist eine bekannte Substanz, aber als Mineral selten, da es in Wasser leicht löslich ist, darum nicht abgesetzt oder bald wieder aufgelöst und fortgeführt wird. Das Kupfervitriol des Handels ist in Fabriken hergestellt. Wie der Name besagt, enthält die Verbindung Kupfer und Vitriol, d. h. Schwefelsäure, dazu tritt noch Wasser, seine Formel ist $CuSO_4 \cdot 5H_2O$.

Die Kristalle haben blaue Farbe, sind meist nur durchscheinend und gehören dem triklinen System an, alle Kanten stossen unter schiefen Winkeln aneinander.

Die Verbindung ist als Mineral vom Rammelsberg bei Goslar, Rio Tinto in Spanien und anderen Orten bekannt, wo es sich bei der Verwitterung von Kupferkies bildet. Aus

Digitized by Google

seinen Lösungen wird durch eingelegtes Eisen das Kupfer gefällt (Zementkupfer). Der in Figur 9 auf Tafel 14 abgebildete, auf Quarz aufgewachsene Kupfervitriol stammt von Dublin, ob er ohne Zutun des Menschen sich gebildet habe, wage ich nicht zu entscheiden.

Verwendung: Kupfervitriol findet ausgedehnte Verwendung in der Galvanoplastik; aus seiner Lösung wird durch elektrischen Strom auch von geringer Spannung das Kupfer abgeschieden, das für elektrische Zwecke dient und sehr rein sein muss (siehe unten). Lösungen von Kupfervitriol mit Zusatz von Kalk werden im Weinbau als Mittel gegen die Peronospora erfolgreich angewendet, in der Färberei und Druckerei, zur Herstellung von Kupferfarben, wird Kupfervitriol benutzt.

Ein in Wasser unlösliches Kupfersulfat ist der Brochantit, $CuSO_4 \cdot 3Cu(OH)_2$; zwei andere seltene Mineralien, Langit und Herrengrundit, enthalten gleichfalls Kupfersulfat.

Auch mit Phosphorsäure und Arsensäure verbunden tritt Kupfer in der Natur auf, die Kristalle sind meist klein und die Mineralien selten. Wir nennen:

Libethenit $Cu_2(OH)PO_4$ und Olivenit $Cu_2(OH)AsO_4$ und führen als Vertreter solcher Verbindungen den Euchroit vor (Figur 8 auf Tafel 14), weil dieser in etwas grösseren Kristallen auftritt. Nach seiner chemischen Zusammensetzung ist er wasserhaltiges basisches Kupferarseniat $Cu_2(OH)AsO_4 \cdot 3H_2O$, der Kristall der Figur 8 ist begrenzt von einem rhombischen vertikalen und einem horizontalen Prisma und einem Pinakoid. Der Fundort ist Libethen in Ungarn, wo sich auch die beiden andern eben genannten Mineralien finden.

Verwendung des Kupfers. Das Kupfer findet seit alten Zeiten für sich und mit anderen Metallen zu Legierungen zusammengeschmolzen ausgedehnte Verwendung.

Aus reinem Kupfer werden Gerätschaften, Kessel, Kühlapparate, Drähte, Bleche, Platten (für Schiffsbau) und vieles andere gefertigt; durch die Ausdehnung elektrischer Anlagen ist der Bedarf an Kupfer ausserordentlich gestiegen, es ist nach Silber der beste Leiter für den elektrischen Strom. Das reinste, zu elektrischen Leitungen dienende Kupfer wird durch Elektrolyse dargestellt, und täglich werden 800 Tonnen auf diesem Wege erzeugt, wovon die Vereinigten Staaten von Nordamerika allein 86½% liefern.

Die Legierungen bekommen je nach dem Zweck, dem sie dienen, verschiedene Zusammensetzung; die deutschen Kupfermünzen enthalten 95% Kupfer, 4% Zinn und 1% Zink, die der meisten andern europäischen Länder (Russland, Schweden, Grossbritannien und der romanischen Länder) 3½ Teile Zinn und 1½ Teile Zink, die deutschen »Nickel«münzen 75% Kupfer neben 25% Nickel. Eine seit alten Zeiten benutzte Legierung ist die Bronze, eine wesentlich aus Kupfer und Zinn bestehende Legierung. Man unterscheidet da:

Kunstbronze, die zu Standbildern, Verzierungen, Lampen und dergl. benutzt wird mit 86,6 Teilen Kupfer, 6,6 Teilen Zinn, 3,3 Teilen Blei und 3,3 Teilen Zink; sie ist dünnflüssig, füllt die Form gut aus, lässt sich bearbeiten und nimmt mit der Zeit eine mattgrüne Oxydschicht, sogen. Patina, an.

Stahlbronze enthält 92 Teile Kupfer und 8 Teile Zinn und wird u. a. zu Geschützrohren benutzt. Eine ganz ähnliche Zusammensetzung hat eine Bronze aus der II. Ansiedelung Trojas, sie enthält nämlich 91,8 Teile Kupfer und 7,5 Teile Zinn und war zu einem Meissel verarbeitet, eine andere trojanische Bronze enthält 87 Teile Kupfer und 10,6 Teile Zinn, daneben etwas Blei, Arsen und Antimon und diente als Dolchklinge.

Glockenmetall enthält durchschnittlich 78 Teile Kupfer und 22 Teile Zinn.

Phosphorbronze besteht aus 90 Teilen Kupfer, 9 Teilen Zinn und 0,5 bis 0,75 Teilen Phosphor, ist härter als die andern, dabei sehr dehnbar, elastisch und fest. Findet ausgedehnte Verwendung als Geschützmetall, Glockengut, Kunstbronze, als Achsenlagermetall, zu Patronenhülsen, Draht für feine Siebe u. a. Ihre Eigenschaften werden durch geringen Wechsel in der Zusammensetzung dem besonderen Zweck angepasst.

Aluminiumbronze enthält 90—95 Teile Kupfer und 5—10 Teile Aluminium, ist goldgelb, läuft wenig an; wird u. a. zu Uhrgehäusen verwendet.

Die Bronzefarben enthalten 81—99 Teile Kupfer.

Messing (Gelbguss) heissen Legierungen von Kupfer und Zink mit 60—70 Teilen Kupfer und 30—40 Teilen Zink, je grösser der Kupfergehalt, desto dehnbarer ist das Messing und desto dunkler gelb. Eine Legierung von 85 Teilen Kupfer und 15 Teilen Zink heisst Tombak oder rotes Messing (Rotguss).

Neusilber ist eine silberweisse Legierung aus vorwiegend Kupfer mit Nickel und Zink oder Zinn. Einen geringen Silbergehalt enthält Alfenide und Christofle. Ausser den genannten werden noch viele andere Kupferlegierungen benutzt.

Von den Kupfersalzen wird namentlich Kupfervitriol viel gebraucht u. a. als Mittel gegen Rebkrankheiten, bei der Galvanoplastik etc. (vergl. S. 104). Kupfervitriol gibt durch Behandlung mit gelöschtem Kalk das Kalkblau oder Neuwieder Blau, mit Lauge und Kochsalz das Bremer Blau, das, mit Oel angerieben zu Bremer Grün wird. Das berüchtigte Schweinfurter Grün enthält Kupfer und arsenige Säure, ist hierdurch sehr giftig. Die Verwendung des Malachit als Edelstein, der Kupferlasur als Farbe, haben wir bei diesen erwähnt.

In der Produktion von Kupfer überragen die Vereinigten Staaten von Nordamerika weit alle andern Länder. Gänge und Lager sind hier ausserordentlich mächtig und reich. Der reichste Kupfergang ist der Anacondagang in Montana, er ist 13 m mächtig, wurde im Jahr 1900 auf 600 m Länge und Tiefe abgebaut und lieferte in den Jahren 1897 bis 1898 nahezu ein und eine halbe Million Tonnen aus Kupferglanz und Kupferkies bestehendes Erz, woraus über 62000 t Kupfer gewonnen wurden. Das derbe Erz enthält fast 35 % Kupfer; Erz und Gangart 10 %, der mittlere Metallgehalt beträgt 16 %. Im Vergleich hierzu sind unsere europäischen Kupfererze freilich arm zu nennen, enthalten doch die Kupfererze von Rio Tinto nur gegen 3 % Kupfer!

Die Kupferproduktion betrug im Jahre 1901 (in Tonnen):

Länder	Tonnen	Länder	Tonnen
Nordamerika:		**Afrika:**	
Vereinigte Staaten	*267 400*	*Kapland*	*6 400*
Mexiko	*23 795*	**Europa:**	
Kanada	*18 000*	*Spanien und Portugal:*	
Neufundland	*2 000*	*Rio Tinto*	*35 348*
Südamerika:		*Andere Gruben*	*18 273*
Chile	*30 000*	*Deutschland:*	
Peru	*9 520*	*Mansfeld*	*18 780*
Bolivia	*2 000*	*Andere Gruben*	*2 940*
Asien:		*Russland*	*8 000*
Japan	*27 475*	*Italien*	*3 000*
		Norwegen	*3 375*
Australasien	*30 875*	*Oesterreich-Ungarn*	*1 015*

Digitized by Google

Quecksilbererze.

Quecksilber ist das einzige, bei gewöhnlicher Temperatur flüssige Metall. Es kommt in freiem Zustand in der Natur vor, aber im ganzen selten und nie in grösseren Mengen, meist findet es sich in Verbindung mit Schwefel, als Zinnober, seltener mit Silber vereinigt als Amalgam, mit Chlor verbunden als Quecksilberhornerz, ferner kommt es in einigen Fahlerzen und in anderen seltenen Mineralien vor; das eigentliche Quecksilbererz ist Zinnober.

Das **gediegene Quecksilber,** auch Jungfernquecksilber genannt, bildet kleine Tropfen im Gestein (Figur 1, Tafel 15), ist zinnweiss und hat den bekannten starken Metallglanz. So ist es zusammen mit Zinnober bei Moschellandsberg (dies ist der gebräuchliche Namen, richtiger der Landsberg bei Obermoschel) in der bayrischen Pfalz vorgekommen und findet sich bei Idria in Krain, Almaden in Spanien, in Kalifornien und den andern Zinnoberlagerstätten, aber immer in geringer Menge, das meiste Quecksilber wird aus Zinnober gewonnen. Seine Eigenschaften und Anwendung wollen wir daher erst später besprechen.

Amalgam heissen die Mischungen von Quecksilber mit andern Metallen; in der Natur finden sich solche mit Gold und mit Silber, die letzteren werden kurzweg als Amalgam bezeichnet, auf unserer Tafel 15 in Figur 2 und 3 ist Silberamalgam abgebildet.

Es findet sich manchmal in schönen, glänzenden, nicht selten recht flächenreichen Kristallen des regulären Systems, der unserer Abbildung ist ein Rhombendodekaeder, häufiger ist es derb wie bei dem in Figur 3 abgebildeten Stück.

Mit zinnweisser Farbe verbindet Amalgam starken Metallglanz, wir können uns vorstellen, dass gefrorenes Quecksilber ungefähr ebenso aussehen müsste. Die Härte ist 3, das spezifische Gewicht schwankt um 14 herum.

Der bekannteste Fundort für Amalgam ist Moschellandsberg in der bayrischen Pfalz, von hier sind die schönen Kristalle gekommen, die Gruben sind nicht mehr im Betrieb, die Kristalle darum jetzt sehr kostbar. Moosartige Bildungen von Amalgam haben sich auf Grube Friedrichssegen bei Ems gefunden, auch sonst ist Amalgam hier und da angetroffen, ist aber immer ein seltenes Mineral.

Zinnober oder Cinnabarit ist die Verbindung von Quecksilber mit Schwefel und nach der Formel HgS zusammengesetzt; es ist das wichtigste Quecksilbererz. In reinem Zustand enthält Zinnober 86,2% Quecksilber, in dem eigentlichen Erz wird der Metallgehalt durch die Beimengungen, wie immer, herabgedrückt. Die zinnoberrote Farbe zeigen nur feinkörnige oder erdige Stücke, die Kristalle sind dunkelrot, durchsichtig und haben nahezu metallischen Glanz. Die Form der Kristalle wird hauptsächlich beherrscht von Rhomboeder und Basis, der grosse Kristall der Stufe 4 auf Tafel 15 wendet die matte Basis nach unten, die glänzenden Flächen gehören dem Rhomboeder an; bei den Kristallen der Stufen 5 und 6 sind die Rhomboederflächen parallel zur Basiskante gestreift, an dem grossen Kristall der Stufe 6 ist auch die Basis noch sichtbar; grössere und bessere Kristalle als diese sind sehr selten. Die Kristalle finden sich aufgewachsen mit Quarz, auf Quarzit (4) oder auf körnigem Zinnober (5). Die Kristalle sind nach den Flächen des Prismas I. Stellung spaltbar, in Figur 7 ist ein Spaltungsstück abgebildet, haben ein spezifisches Gewicht von 8 und besitzen nur geringe Härte ($H = 2$).

Besonders interessant ist Zinnober durch seine optischen Eigenschaften, er besitzt starkes Lichtbrechungsvermögen, starke Doppelbrechung und die Eigenschaft, in der Richtung seiner Hauptachse die Ebene des polarisierten Lichtes zu drehen und zwar ist dies Drehungsvermögen ungefähr fünfzehnmal so stark wie bei Quarz. Eine dünne Platte

parallel zur Basis gibt daher im Polarisationsapparat für konvergentes Licht das in Figur 2 auf Tafel 4 abgebildete Interferenzbild. Der Brechungsexponent für den ordentlichen Strahl ist 2,854, für den ausserordentlichen 3,201; seine Lichtbrechung ist stärker als die von Diamant, seine Doppelbrechung stärker als die von Kalkspat, sein Drehungsvermögen stärker als das von Quarz.

Reiner Zinnober lässt sich durch Erhitzen vollständig verflüchtigen; wird er mit wasserfreier Soda in einem unten zugeschmolzenen Glasröhrchen erhitzt, so wird Quecksilber ausgetrieben, das sich in kleinen Tröpfchen an der Glaswand absetzt.

Ausser in Kristallen, die immer selten sind, findet sich Zinnober in körnigen, stengeligen (Figur 10) und dichten (Figur 8) Aggregaten, oft gemengt mit Ton, dann wegen der leberbraunen Farbe Quecksilberlebererz genannt, oder gemengt mit Kohlenwasserstoffen, dann wohl auch brennbar und Quecksilberbranderz genannt, oder mit beiden Stoffen gemengt in kleinschaligen, schwarzen Massen, dem sogenannten Korallenerz (Figur 11). Diese Gemenge sehen nicht mehr wie Zinnober oder Quecksilbererze aus, man kann sich aber in der oben angegebenen Weise leicht davon überzeugen, dass sie Quecksilber enthalten.

Zinnober findet sich in der Erde auf Gängen oder als Imprägnation im Gestein und ist aus heissen Quellen abgesetzt, die wahrscheinlich als Gefolge von vulkanischen Eruptionen (Diabas, Trachyt, Basalt) aus der Tiefe hervorgebrochen sind und die Bestandteile des Erzes mit heraufgebracht haben, noch heute wird in der Quecksilbergrube Sulphur Bank in Kalifornien Zinnober von Thermalwassern abgesetzt.

Die grösste von allen Quecksilberlagerstätten ist die von Almaden in Spanien (von hier die Stufen und das Spaltungsstück in Figur 4—7), schon die Griechen sollen 700 v. Chr. die Erze abgebaut haben, die Römer haben hier Zinnober gegraben und Quecksilber daraus abgeschieden und noch bis vor kurzem produzierte Spanien mehr Quecksilber als ein anderes Land, jetzt machen ihm die Vereinigten Staaten von Nordamerika immer mehr den Rang streitig. In Europa folgt nach Almaden Idria in Krain (von hier das Korallenerz in Figur 11), das Gebiet des Monte Amiata in Toskana (Figur 8), das des Avala-Bergs bei Belgrad in Serbien und die Gegend von Nikitowka im Distrikt Bachmut des Gouvernements Jekaterinoslaw (seit 1879). Die Gruben in der bayrischen Pfalz, die im vorigen Jahrhundert ausser Zinnober (Figur 10) auch gediegen Quecksilber (Figur 1) und Amalgam (2, 3) geliefert haben, sind seit langem nicht mehr in Betrieb, eine Grube bei Hohensolms nicht weit von Giessen hat körnigen Zinnober (Figur 9) geliefert, aber nicht in abbauwürdiger Menge. Verhältnismässig reich an Zinnober ist Kalifornien innerhalb einer etwa 500 km langen Zone des Küstengebirges der Coast Ranges. Die grösste Zinnobergrube ist die von New Almaden, ihr folgen die von New Idria, Sulphur Bank, Knoxville und andere. In Mexiko sind die Hauptfundorte für Quecksilbererze Guadalazar und Huitzuca im Staate Guerrero. Peru besitzt Zinnobergruben bei Huancavelica, die einst sehr ergiebig waren, China soll reich an Quecksilbererzen sein, die neuerdings wieder mehr abgebaut werden.

Verwendung: Das metallische Quecksilber findet wegen seiner hervorragenden Eigenschaften mannigfache Verwendung. Da es mit Gold und Silber sich zu Amalgam verbindet, wird es in grösster Menge benutzt, um feinverteiltes Gold von den begleitenden Mineralien zu trennen. Schon Plinius berichtet, dass durch Quecksilber das Gold von alten Gewändern ausgezogen werden könne. Heute wird der Amalgamationsprozess immer mehr durch den Cyanitprozess verdrängt (vergl. bei Gold Seite 69). Zinnamalgam dient zum Belegen der Spiegel, Goldamalgam wird bei der Feuervergoldung benutzt, verschiedene Amalgame in der Zahntechnik zum Plombieren. Bekannt ist die Anwendung des reinen Quecksilbers bei Thermometer und Barometer, bekannt auch, dass zur Messung von tiefen

Temperaturen Quecksilberthermometer nicht geeignet sind, da Quecksilber bei —39,5° C. gefriert, es kristallisiert alsdann regulär wie Amalgam. Wegen seiner hohen Dichte, 13,595 bei 0°, findet Quecksilber bei physikalisch-chemischen Apparaten vielfach Verwendung; reines Quecksilber bleibt auch an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur unverändert. Salze des Quecksilbers finden in der Medizin vielfach Verwendung, so seine Verbindungen mit Chlor, Calomel (HgCl) und Sublimat ($HgCl_2$); alle seine Salze sind ebenso wie das Metall selbst giftig. Der aus Quecksilber und Schwefel dargestellte reine Zinnober wird als Farbe benutzt. Knallquecksilber ($C_2N_2HgO_2 + H_2O$) dient zum Füllen der Zündhütchen.

Die Menge des erzeugten Quecksilbers wird meist nach »Flaschen« angegeben, die Flasche = 28,54 kg, wir geben sie hier nach Tonnen = 1000 kg an. Im Jahre 1901 produzierte Spanien 864 t, die Vereinigten Staaten 992 t, Oesterreich 550 t, Mexiko 335 t (im Jahre 1900), Russland 340 t, Italien 220 t.

Der Preis für eine Flasche beträgt etwa 190—200 Mark.

Bleierze.

Gediegen Blei kommt in der Natur nur sehr selten vor, es bildet dünne unscheinbare Platten und spielt gar keine Rolle weder als Mineral noch als Bleierz; die Tatsache, dass es gediegen vorkommt, ist das Interessanteste an ihm. Als Bleierz steht **Bleiglanz** in erster Linie, alle andern bleihaltigen Mineralien stehen an Bedeutung gegen ihn weit zurück. Bleiglanz besteht aus Blei und Schwefel PbS, seine nächsten Verwandten sind **Selenblei** PbSe, und **Tellurblei** PbTe; beide sind sehr selten, kommen nur in körnigen Aggregaten vor, haben für uns darum keine weitere Bedeutung. Erwähnt sei nur, dass aus Selenerzen (Selenblei, Selenkupfer und Selenquecksilber) Selen dargestellt wird, das in der neuesten Zeit von den Physikern zu elektrischen Versuchen (Telephonie ohne Draht) benutzt wird. Unter den zusammengesetzten Schwefelverbindungen sind manche bleihaltig, wir nennen hier nur:

Bleiarsenglanz (Skleroklas) $PbAs_2S_4$,	Dufrenoysit $Pb_2As_2S_5$,	Boulangerit $Pb_3Sb_2S_6$,
Bleiantimonglanz (Zinckenit) $PbSb_2S_4$,	Jamesonit $Pb_2Sb_2S_5$,	Bournonit $Cu_2Pb_2Sb_2S_6$,
Bleiwismutglanz . . . . . $PbBi_2S_4$,	Cosalit . . $Pb_2Bi_2S_5$,	Nadelerz $Cu_2Pb_2Bi_2S_6$.

Bournonit haben wir bei den Kupfererzen kennen gelernt, die andern sind als Erze unwichtig, hier führen wir von den obengenannten nur den Bleiantimonglanz vor.

Durch Einwirkung von Lösungen gehen aus diesen Bleierzen, besonders dem Bleiglanz, neue Mineralien, Sauerstoffsalze hervor, die sich alle durch starke Lichtbrechung, zum Teil auch durch schöne Farbe auszeichnen, und von denen manche auf Blei verhüttet werden. Wir führen von ihnen vor:

Weissbleierz $PbCO_3$,	Phosgenit $PbCO_3 \cdot PbCl_2$,
Anglesit $PbSO_4$,	Rotbleierz $PbCrO_4$,
Pyromorphit $3Pb_3(PO_4)_2 \cdot PbCl_2$,	Mimetesit $3Pb_3(AsO_4)_2 \cdot PbCl_2$.
Gelbbleierz $PbMoO_4$,	

Wir fassen diese Mineralien nach ihrem Metall zusammen und tragen hierdurch ihrer gemeinsamen Abstammung Rechnung. Man kann sie auch mit solchen Mineralien vereinigen, mit denen sie die Säure gemeinsam haben, dann kommt eine engere kristallographische Verwandtschaft mit diesen zum Ausdruck. In den Lehrbüchern und chemischen

Digitized by Google

Systemen werden die Mineralien meist nach diesem Prinzip geordnet, Weissbleierz so mit Aragonit, Anglesit mit Schwerspat, Pyromorphit mit Apatit in Gruppen vereinigt.

Bleiglanz ist das Muster eines Glanzes, metallisch glänzend und dunkelfarbig, er ist darum früher auch einfach Glanz genannt worden, mit dem Namen Galenit kann ich mich nicht befreunden. Er ist nicht nur das häufigste, sondern mit einem Bleigehalt von 86 % auch das reichste Bleierz, dazu wegen eines fast nie fehlenden Silbergehaltes (0,01—0,5 % Silber, selten mehr) ein wichtiges Silbererz.

Seine Kristalle sind regulär, die häufigste Form ist die Kombination von Würfel mit Oktaeder (Tafel 16, Figur 1, 2, 11), die Oktaederflächen sind bisweilen klein (Figur 2), meist etwa so gross, wie in Figur 1 und 10, wenn sie noch grösser werden, stossen sie in einer Ecke zusammen und bilden mit dem Würfel das sogenannte Cubooktaeder (Tafel 19, Figur 6); in andern Kristallen herrscht das Oktaeder vor und der Würfel tritt zurück (Tafel 16, Figur 4) bis er endlich verschwindet und die Kristalle nur vom Oktaeder begrenzt sind. Dies ist der Fall bei den in Figur 3 abgebildeten Kristallen; sie haben die Form des Oktaeders, scheinen aber aus lauter kleinen Würfelchen aufgebaut, weshalb die Kristalle in der Richtung der Würfelflächen einen eigentümlichen Schimmer zeigen, an ihren Enden sind hier und da kleine Spaltflächen nach dem Würfel vorhanden. Damit sind aber die Mannigfaltigkeiten einer Kombination von Würfel mit Oktaeder noch nicht erschöpft, die Natur spielt hier mit der Form und erzeugt recht mannigfaltige Gestalten. So ist der in Figur 7 abgebildete Kristall auch nur von Würfel und Oktaeder begrenzt und doch sieht er aus wie ein quadratisches Prisma mit Pyramide anderer Stellung. Er ist von demselben Fundort wie der der Figur 4 von der Grube Gonderbach bei Laasphe, die Würfelflächen an der Seite sind aber hier sehr gross und nach einer Richtung gestreckt, die obere Würfelfläche fehlt, die Oktaederflächen sind kastenförmig vertieft, die Natur hat diese Flächen etwas stiefmütterlich behandelt, hat sie zu knapp gehalten, die Ernährung ist da auf Kosten der Würfelflächen zurückgeblieben.

Wieder anders sehen wir die Form gestaltet bei dem in Figur 8 abgebildeten Kristall; der grosse Kristall war scheinbar schon fertig, da wurde ihm auf jeder seiner Ecken noch einmal ein kleiner Kristall aufgesetzt und schliesslich das ganze mit einer dünnen Schicht von Kupferkies überzogen.

Oktaedrische Kristalle sind es auch, die nach den drei Hauptachsen aneinandergereiht und sich senkrecht durchkreuzend die auf Tafel 2, Figur 7 abgebildeten Gitterkristalle bilden, während bei dem in Figur 9 der Tafel 16 abgebildeten Stück die zierlichen Aestchen unter einem Winkel von 60° aus den Hauptästen hervorwachsen.

Endlich sind es auch nur von Oktaeder und Würfel begrenzte Kristalle, welche die »Platten« und »geflossenen« Kristalle bilden, die auf der Grube Gonderbach bei Laasphe sich in besonderer Schönheit gefunden haben (Tafel 16, Figur 10). Die Fläche, nach der die Kristalle tafelig sind, ist eine Oktaederfläche, die schmalen Flächen am Rande gehören Oktaeder und Würfel an, der grossen und breiten vorderen Oktaederfläche liegt eine ebenso grosse hintere gegenüber. Nun sehen wir an einzelnen Stellen über die Vorderfläche feine Nähte verlaufen, an diesen Stellen grenzt ein Teil der Vorderfläche direkt an einen Teil der Hinterfläche, wir können uns vorstellen längs einer solchen Naht sei der eine Teil so gedreht, dass die hintere Fläche zur vorderen geworden sei. In der Tat stehen die an einer Naht anliegenden Teile in dieser Weise zueinander in Zwillingsstellung, die Ausbildung ist ganz analog der der Gold- und Silberbleche (S. 70), man beobachtet sogar, wie dort, kleine Dreieckchen auf dem Bleiglanz, die auf den, durch eine Naht getrennten Teilchen gewendet zueinander liegen. Nicht immer sind diese Kristalle so scharf wie hier abgebildet, oft sind ihre Flächen krumm und die Kanten gerundet, so dass die Bezeichnung geflossene Kristalle wohl verständlich ist, nur darf man nicht glauben, die

Kristalle seien geschmolzen gewesen, das ist nicht der Fall, sie sind sicher aus wässerigen Lösungen abgeschieden.

So schafft die Natur aus diesen beiden einfachen Formen dem Würfel und Oktaeder die mannigfaltigsten Gestalten, in allen aber herrscht, so bizarr sie auch sein mögen, strenge Gesetzmässigkeit.

Andere Formen als diese treten bei Bleiglanz nicht gerade häufig auf, wir sehen bei den in Figur 5 und 6 abgebildeten wieder Oktaeder und Würfel, die Kanten des Oktaeders sind aber nicht scharf, sondern gerundet dadurch, dass jede durch eine Fläche des Rhombendodekaeders abgestumpft und zugleich durch je zwei Flächen des Pyramidenoktaeders $2O$ zugeschärft ist, jede Kante ist so durch drei Flächen ersetzt. An andern würfeligen Kristallen werden die Kanten zwischen Würfel und Oktaeder durch die Flächen eines Ikositetraeders abgestumpft, das ist aber schon selten.

Bleiglanz besitzt sehr vollkommene Spaltbarkeit nach den Würfelflächen, ist mild, weich ($H = 2^1/_2$) und schwer (spez. Gewicht = 7,5), grobkörnig, feinkörnig und dicht.

Seine Bestandteile kann man am schnellsten erkennen, wenn man sein Pulver mit Soda auf Kohle zusammenschmilzt. Die Schmelze gibt die Heparreaktion, wodurch der Schwefel nachgewiesen ist, das Blei wird als kleines, geschmeidiges Metallkorn frei, rings um die Probe bildet sich ein gelber Beschlag.

Unter Einwirkung der Atmosphärilien geht Bleiglanz in kohlensaures Blei über; es bedeckt in dünnem Ueberzug den in Figur 11 abgebildeten Kristall und findet sich als Weissbleierz in grösseren Mengen da, wo Lager oder Gänge von Bleiglanz an die Erdoberfläche treten.

Unter Einwirkung von anderen Lösungen bilden sich aus Bleiglanz Anglesit, Phosgenit und die andern obengenannten Sauerstoffsalze; ihr Vorkommen auf Höhlungen in zersetztem körnigem Bleiglanz zeigen die Abbildungen 3 (Weissbleierz), 9 (Phosgenit), 10 und 11 (Anglesit) auf Tafel 17. Nicht selten wird bei der Verwitterung von Bleiglanz ein Teil des Schwefels als solcher ausgeschieden und bildet kleine Kriställchen in den Hohlräumen, so auf Grube Viktoria bei Littfeld in Westfalen.

Bleiglanz tritt auf Gängen und in Lagern auf, begleitet von Zinkblende, Kupferkies, Quarz, Eisenspat, Kalkspat und anderen Mineralien.

Auf Gängen findet er sich im Gebiet von Siegen (Figur 1 und 8), Grube Gonderbach bei Laasphe (Figur 4, 7, 11 auf Tafel 16) und im Dillenburgschen, im Taunus, im Harz bei Neudorf (Figur 5 und 6), Claustal, bei Freiberg i. S. Auf Lagern findet er sich im Muschelkalk bei Scharley (Figur 3), Tarnowitz und andern Orten in Oberschlesien, Welkenraedt in Belgien (Tafel 2, Figur 7), im bunten Sandstein bei Mechernich am Nordrand der Eifel, hier Körner unregelmässig im Sandstein verteilt (sogenanntes Knottenerz).* Weitere Fundorte sind: Pribram in Böhmen, Schemnitz in Ungarn, Bleiberg in Kärnten, Iglesias in der Provinz Cagliari auf Sardinien, Linares in Spanien, hier besonders reiche Lager.

In den Vereinigten Staaten sind die Staaten Wisconsin, Jowa, Illinois, Missouri reich an Bleiglanz, ebenso Kalifornien. Der Kristall der Figur 2 ist von Joplin in Missouri, der in Figur 11 aus Illinois ohne genaue Fundortangabe, der der Figur 9 von Hazelgreen in Wisconsin. Die Zahl der Fundorte ist ausserordentlich gross, es ist gar nicht möglich, alle zu nennen.

Bleiantimonglanz oder Zinckenit, den wir als Vertreter der Bleisulfosalze nennen, bildet radialstengelige Aggregate oder Büschel, die aus prismatischen, rhombischen,

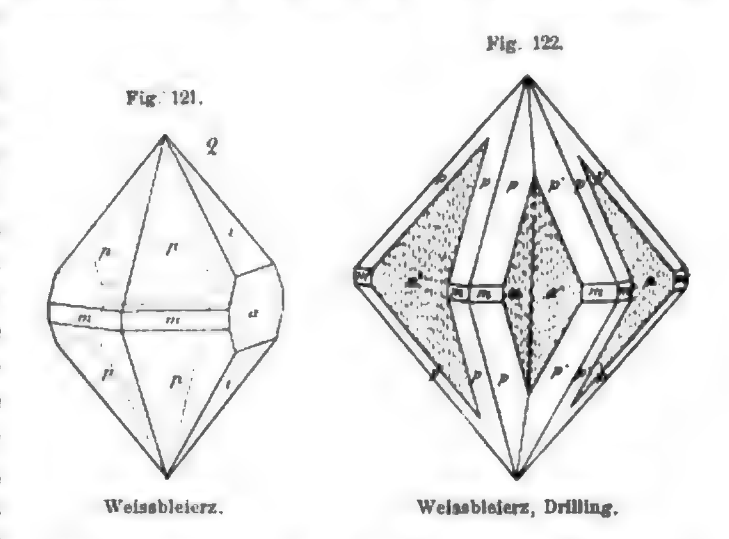
* Die Produktion des Mechernicher Bergwerkvereins betrug im Jahre 1895 19000 Tonnen Blei und 17 Tonnen Silber.

stark vertikal gestreiften Kristallen zusammengesetzt sind, metallisch glänzend, stahlgrau, etwas härter als Antimonglanz (H = 3) und durch den Bleigehalt schwerer als dieser sind (spez. Gewicht = 5,3). Er enthält 35 % Blei, 41,7 % Antimon, der Rest ist Schwefel.

Das Mineral findet sich mit Antimonglanz, Bournonit, Boulangerit und andern Bleierzen bei Wolfsberg im Harz, in Bolivia etc., hat aber keine besondere Bedeutung.

Weissbleierz. Viele Sauerstoffsalze des Bleis haben nach ihrer Farbe den Namen bekommen, so das häufigste von ihnen den Namen Weissbleierz; daneben hat jedes noch einen andern Namen, der mindestes ebenso gebräuchlich ist, unser Mineral heisst noch Cerussit.

Weissbleierz bildet rhombische Kristalle, von denen fast immer mehrere zu einem Zwilling vereinigt sind. Ein in der Hauptsache einfacher Kristall ist in Figur 4 der Tafel 17 abgebildet; er ist tafelig nach dem Brachypinakoid, das hier auf den Beschauer zugewendet ist, an dem Rande tritt ein Vertikalprisma, an dem Ende Brachydoma, Pyramide und Basis auf. Die Form wird uns durch die Textfigur 121 näher erläutert, *a* ist das Brachypinakoid $\infty P \breve{\infty}$, *m* das Vertikalprisma ∞P, *i* das Brachydoma $2 P \breve{\infty}$ und *p* die Pyramide *P*. In Figur 1a und b der Tafel 17 und Figur 7 der Tafel 19 sind mehrere solcher Kristalle derartig miteinander verwachsen, dass je zwei eine Fläche des Vertikalprismas gemeinsam haben und sich durchkreuzen, so dass tief einspringende Winkel entstehen und die Zwillingskristalle sternförmige Durchwachsungen bilden. Die Textfigur 122 erläutert diese Verwachsung, die Flächen haben dieselbe Bezeichnung, wie an der Figur des einfachen Kristalls. Wenn die miteinander verwachsenen Individuen dicker sind, werden die Lücken kleiner oder sie verschwinden ganz und die Zwillingskristalle sehen dann aus, wie eine hexagonale Pyramide; bei Witherit (Tafel 75), der ganz ähnlich kristallisiert, werden wir ein Beispiel kennen lernen. Wenn aber im Gegenteil die miteinander verwachsenen Individuen noch dünner werden, sind die Zwillinge ausgeprägter sternförmig und bilden dann bisweilen in vielfach wiederholter Verwachsung so zierliche sternförmige Gewebe wie in Figur 2 dargestellt.



Weissbleierz. Weissbleierz, Drilling.

Ausser in so regelmässigen Kristallen und Kristallverwachsungen kommt Weissbleierz besonders häufig in büschelförmigen Aggregaten vor, wie in Figur 3 abgebildet.

Das Mineral ist wenig härter als Kalkspat und sehr spröd, so dass es immer sehr zerbrechlich ist, besonders wenn es so zierliche Formen besitzt, wie das in Figur 2 abgebildete Stück.

Die klarsten Kristalle sind farblos durchsichtig und verraten durch ihren lebhaften Diamantglanz die starke Lichtbrechung ($n = 2{,}07$), oft aber sind sie weiss oder gelblich und wenig durchsichtig, oder gar grün und blau (durch Malachit und Kupferlasur) oder schwarz (durch erdigen Bleiglanz oder Brauneisen).

Weissbleierz ist als rhombische Substanz optisch zweiachsig, der Achsenwinkel ist klein, die Dispersion der optischen Achsen stark, Platten parallel zur Basis sind daher zur Demonstration dieser Erscheinungen sehr geeignet. Sie geben im konvergenten polari-

Digitized by Google

sierten Licht das auf Tafel 4 in Figur 3 und 4 abgebildete Interferenzbild, nur sind die Hyperbeln nahe aneinander gerückt und erscheinen bei Tageslicht mit breiten farbigen Säumen, rot innen, blau aussen. Man erkennt daraus, dass der Winkel, den die optischen Achsen miteinander bilden, für verschiedene Farben verschieden gross ist, für rotes Licht grösser als für blaues, und dass er überhaupt klein ist.

In warmer verdünnter Salpetersäure löst sich das Mineral auf, die Kohlensäure entweicht unter Aufbrausen, das Blei verbindet sich mit Salpetersäure zu salpetersaurem Blei, das aus ihr, wenn genügend gelöst war, beim Erkalten in regulären Kristallen sich ausscheidet. Vor dem Lötrohr auf Kohle lässt sich aus dem Pulver nach kurzem Blasen ein Bleikorn abscheiden, während sich um die Probe der gelbe Bleibeschlag bildet.

Als Verwitterungsprodukt von Bleiglanz tritt Weissbleierz in den oberen Teufen von Bleierzgängen auf, zusammen mit Brauneisenstein und Kupferlasur in Quarz, der ursprünglich mit Bleiglanz verwachsen war; der Bleiglanz ist durch die Atmosphärilien zerstört, der widerstandsfähige Quarz ist übrig geblieben und sieht nun jetzt wie zerfressen und zerhackt aus, in den Lücken hat sich Weissbleierz angesiedelt. In den Bleierzlagern, z. B. dem Sandstein von Mechernich, durchtränkt Weissbleierz oft das ganze Gestein und kittet die losen Körnchen fest zusammen.

Mit die schönsten Kristalle von Weissbleierz finden sich auf der Grube Friedrichssegen zwischen Ems und Braubach (Figur 1 und 4 auf Tafel 17 und Figur 7 auf Tafel 19), ebenfalls sehr schöne Kristalle bei Mies und Pribram in Böhmen. Für das in Figur 2 abgebildete Stück, im Besitz des Königl. Naturalienkabinetts in Stuttgart, ist als Fundort Zeche Perm bei Ibbenbühren angegeben, ganz ebensolche Verwachsungen kommen neuerdings aus Nordamerika. Die Bleierzgruben des Badischen Schwarzwalds haben früher schöne Weissbleierzkristalle geliefert. Von Sardinien (St. Giovanni fusina) ist das büschelförmige Weissbleierz der Figur 3. Im Altai und in der Gegend von Nertschinsk in Sibirien haben sich grosse Stufen gefunden, sonst wären noch dieselben Fundorte zu nennen, die wir für Bleiglanz aufgeführt haben.

Phosgenit oder Bleihornerz. So häufig Weissbleierz ist, so selten ist Phosgenit, der sich von jenem in seiner chemischen Zusammensetzung nur dadurch unterscheidet, dass er noch Chlor enthält; er ist nach der Formel $PbCO_3 \cdot PbCl_2$ zusammengesetzt.

In den Figuren 5—9 der Tafel 17 sind einige ganz hervorragend schöne Kristalle dieses seltenen Minerals abgebildet, sie sind quadratisch und vor andern quadratischen Kristallen dadurch ausgezeichnet, dass achtseitige Prismen und Pyramiden an ihnen nicht selten sind. Der einfachste Kristall ist der der Figur 6, ein achtseitiges Prisma mit einem vierseitigen quadratischen Prisma (die schmale Fläche vorn über der Bruchstelle) und der grossen Basis. Aehnlich ist der grosse Kristall in Figur 5, nur sind die Kanten zwischen Basis und achtseitigem Prisma durch die Flächen einer achtseitigen Pyramide abgestumpft. In dem Kristall der Figur 7 ist diese achtseitige Pyramide gross, über ihrer Kante liegt die Fläche einer vierseitigen Pyramide, am Ende die Basis, unter ihrer Kante liegt die Fläche eines quadratischen Prismas, die die Kante des achtseitigen Prismas gerade abstumpft, die benachbarte Kante ist durch die Fläche des andern quadratischen Prismas abgestumpft. Der Kristall der Figur 8 endlich zeigt ein achtseitiges Prisma mit einer vierseitigen Pyramide, der Basis, einer achtseitigen Pyramide und (links) einem quadratischen Prisma.

Die Lichtreflexe des Kristalls 6 deuten eine Spaltbarkeit parallel zu den Flächen eines quadratischen Prismas, der Riss im Kristall 7 Spaltbarkeit parallel zur Basis an. Die Kristalle sind weich ($2^1/_2$—3) und schwer (spezifisches Gewicht 6,3), gelblichweiss, gelb, braun, auch grünlich, besitzen lebhaften Glanz, wenn sie genügend durchsichtig sind. Ihr Brechungsexponent beträgt 2,1.

Die Kristalle finden sich in zersetztem Bleiglanz (Figur 9) und die schönsten kommen von Monte Poni auf Sardinien, die hier abgebildeten stammen alle von dort. Das Mineral findet sich auch bei Matlock in Derbyshire und einigen anderen Orten. In kohlensaures Blei umgewandelte Kristalle liegen in Ton bei Tarnowitz in Schlesien.

Wegen seiner Seltenheit hat das Mineral als Bleierz keine Bedeutung, die Kristalle sind kostbare Schätze der Sammlungen.

Anglesit ist schwefelsaures Blei und heisst darum auch Bleivitriol (Schwefelsäure = Vitriol) oder Vitriolblei, ein Name, der nicht ganz gerechtfertigt ist, da man gewöhnlich nur wasserhaltige schwefelsaure Salze Vitriol nennt, wie Kupfervitriol, Eisenvitriol. Der Name Anglesit ist nach einem Fundort des Minerals, der Insel Anglesea, gebildet.

Die Kristalle sind rhombisch und gehören nach ihrer kristallographischen Ausbildung in die Schwerspatgruppe. Die einfachen, unregelmässig miteinander verwachsenen Kristalle der Figur 12 sind nur von einem rhombischen Prisma und der dazu senkrechten Basis begrenzt. An dem Kristall der Figur 10 tritt zu dem aufrechten Prisma an dem Ende ein horizontales Prisma, während die Kristalle der Figur 11 an dem Ende von einer Pyramide begrenzt sind.

Die Kristalle haben diamantähnlichen Glanz, wenn sie durchsichtig sind, und sind farblos, gelb, auch grünlich, ihre Härte ist die von Kalkspat, das Gewicht ist wie bei allen Bleiverbindungen hoch (6,3).

Anglesit findet sich auf Hohlräumen in Bleiglanz, durch dessen Zersetzung er sich gebildet hat; wahrscheinlich haben hierbei nicht sowohl die Atmosphärilien, als vielmehr saure Lösungen mitgewirkt.

Die schönsten und grössten Kristalle finden sich auf Sardinien am Monte Poni (von hier stammen die abgebildeten Kristalle); aber auch bei Littfeld im Siegerland, in Kärnten und Ungarn, bei Beresowsk im Ural und Nertschinsk in Sibirien, Phönixville in Pennsylvanien haben sich schöne und zum Teil grosse Kristalle gefunden.

Rotbleierz. Die rote Farbe verdankt dieses Mineral nicht seinem Metall, dem Blei, sondern seiner Säure, es ist chromsaures Blei, $PbCrO_4$, die Farbe ist ungefähr die des bekannten doppelchromsauren Kalium. Bis vor wenigen Jahren waren nur kleine, etwa einen Zentimeter grosse Kristalle bekannt, die für kristallographische Untersuchung genügen, zur Abbildung für uns sich aber wenig eignen; die unserer Abbildung lassen nur langgestreckte gestreifte Prismen erkennen, an den Kristallen mit Endbegrenzung (Textfigur 123) tritt am häufigsten über den Prismenflächen (*m*) eine schief aufgesetzte Pyramide (*t*) und eine steile Schiefendfläche (*l*) auf, wodurch sie als monoklin zu erkennen sind.

Fig. 123.

Rotbleierz.

Die Kristalle haben etwa Kalkspathärte und ein spezifisches Gewicht von 6. Ihr Pulver und Strich ist pommeranzgelb, die Durchsichtigkeit meist gering.

Das Blei wird frei, wenn man das Pulver mit Soda zusammenschmilzt, das Chrom wird daran erkannt, dass ein wenig Pulver die Phosphorsalzperle smaragdgrün färbt.

Der altbekannte Fundort von Rotbleierz ist Beresowsk im Ural, wo es in den Goldquarzgängen auf Quarz und Bleiglanz aufgewachsen vorkommt und bei der Verwitterung des Bleiglanzes entstanden ist. Es ist hier unter anderem begleitet von Melanochroit, basisch chromsaurem Blei. Ferner findet es sich bei Congonhas do Campo in Brasilien, bei Labo auf der Philippineninsel Luzon. Die auf unserer Tafel abgebildeten Kristalle stammen von Dundas in Tasmanien, sie über-

Digitized by Google

treffen an Grösse alles, was man bisher von Rotbleierz kannte, zierliche dünne Kristalle sind dabei auch an ihren Enden von vielen kleinen glänzenden Flächen begrenzt.

Pyromorphit. Wegen der mannigfaltigen Farbe wird dies Mineral auch Buntbleierz, Braunbleierz oder Grünbleierz genannt; der Name Pyromorphit bezieht sich darauf, dass das zur Kugel geschmolzene Mineral beim Erstarren nicht kugelig bleibt, sondern sich mit vielen kleinen Facetten umgibt, durch Feuer sich ändert. Dass der Name besonders geschickt gewählt sei, kann man nicht behaupten.

Dass das Mineral hexagonal ist, erkennt man an den Kristallen fast ohne weiteres, dass sie, wie Apatit, zur pyramidalen Hemiëdrie gehören, kann man ihnen nur sehr selten ansehen, das hat man aus der Gestalt und Lage der Aetzfiguren gefolgert. Die Kristalle sind meist sehr einfach begrenzt, nämlich von einem hexagonalen Prisma und der Basis (Figur 3, Tafel 18), aber nur selten so scharf wie hier, meist haben sie fassförmige Gestalt, sind in der Mitte am dicksten und nehmen nach den beiden Enden allmählich ab (Figur 1) die Basis ist dabei oft ein wenig eingesenkt, die Prismenflächen sind leicht etwas gerundet. Einzeln aufgewachsene Kristalle, wie in Figur 3 und 4 abgebildet, sind im ganzen selten, meist sind viele zu Gruppen vereinigt, wie die Figur 1 und 2 es zeigen. Wenn auch noch eine Pyramide auftritt, so stumpfen ihre Flächen die Kanten zwischen Basis und Prisma schmal ab, etwa so, wie bei Mimetesit in den Figuren 7 und 8.

Die Kristalle sind nur durchscheinend, haben zum Teil lebhaften Glanz und sind gelblichgrün, rötlichbraun, grün, selten ausgesprochen gelb. Ihre Härte ist $3^{1}/_{2}$—4, ihr spezifisches Gewicht = 7.

Das Mineral enthält Blei, Phosphorsäure und Chlor, seine chemische Zusammensetzung kann man durch die Formel $3\ Pb_3(PO_4)_2 \cdot PbCl_2$ ausdrücken, es enthält 15,73 % Phosphorsäure und 2.62 % Chlor, der Rest ist Blei, bisweilen wird ein kleiner Teil der Phosphorsäure durch Arsensäure, des Chlors durch Fluor, des Bleis durch Kalk vertreten und auch hierdurch die Verwandtschaft mit Mimetesit und Apatit angedeutet.

Pyromorphit ist aus Bleiglanz durch Einwirkung von Phosphorsäure- und Chlorhaltigen Lösungen entstanden, die ihre Stoffe wahrscheinlich benachbartem Apatit oder Phosphorit entnommen hatten. Umgekehrt geht Pyromorphit manchmal wieder in Bleiglanz über, wahrscheinlich dadurch, dass auf ihn schwefelwasserstoffhaltige Lösungen eingewirkt haben. Es entstehen dann Pseudomorphosen von Bleiglanz nach Pyromorphit, in Figur 5 der Tafel 18 ist eine solche im Beginn der Umwandlung befindliche abgebildet.

Die Fundorte sind ziemlich dieselben wie die für Weissbleierz genannten:

Grosse Stufen hat die Grube Friedrichssegen bei Ems geliefert, die der Figuren 1, 2 und 4 stammen von hier. Im Jahre 1868 ist auf dieser Grube eine Stufe von 4 m Länge, 3 m Höhe und 1 m Breite gefördert worden. Die Stufe der Figur 3 mit den grünen Kristallen ist ein altes Vorkommen von Pribram in Böhmen. Auch bei Zschopau in Sachsen, Commern am Nordrand der Eifel und Hofsgrund im südlichen Schwarzwald sind schöne grüne Kristalle vorgekommen; kleine Kristalle auf den Goldgängen von Beresowsk, Phönixville in Pennsylvanien.

Pyromorphit kommt manchmal in solchen Mengen vor, dass er auf Blei verhüttet wird.

Mimetesit ist die dem Pyromorphit entsprechende Arsenverbindung, arsensaures Blei mit Chlorblei, $3\ Pb_3(AsO_4)_2 \cdot PbCl_2$. Seine Kristalle sind hexagonal und fast immer von einem Prisma, der Basis und einer Pyramide begrenzt; die Flächen der Pyramide stumpfen die Kanten zwischen Basis und Prisma ab (Tafel 18, 7—9). Die Kristalle sind entweder tafelig nach der Basis (Tafel 18, 6) oder mehr prismatisch (Figur 7, 8, 9). Ihre Farbe ist wachsgelb, sie sind wenig durchsichtig, mässig hart (H = $3^{1}/_{2}$—4) und schwer (spez. Gewicht = 7,1—7,3).

Die Kristalle finden sich einzeln oder zu Gruppen vereinigt aufgewachsen auf dem Gestein und sind im ganzen selten. Der bekannteste Fundort ist Johann-Georgenstadt in Sachsen, von hier sind die auf der Tafel abgebildeten Kristalle. Andere Fundorte sind: Badenweiler im Schwarzwald, Pribram in Böhmen, Phönixville in Pennsylvanien.

Ein Mimetesit, der mehrere Prozent Phosphorsäure enthält, orangerote oder gelbe kugelförmige und warzige Aggregate bildet, ist Kampylit genannt worden und kommt aus Cumberland.

Mimetesit ist so selten und kommt immer so spärlich vor, dass er für die Bleigewinnung keine Bedeutung hat.

Gelbbleierz oder Wulfenit enthält als Säure die seltene Molybdänsäure, es ist molybdänsaures Blei $PbMoO_4$.

Die Kristalle sind quadratisch und meist tafelig nach der Basis; der schöne Kristall der Figur 12 zeigt die Basis auf uns zugewandt, die Streifung auf ihr wird durch eine ganz flache Pyramide erzeugt; die langen Flächen am Rande gehören einer Pyramide erster Stellung, die kleinen an den Ecken einer Pyramide zweiter Stellung an. Die Kristalle der Figur 10 sind noch dünner tafelig, die der Figur 11 dicker tafelig und zeigen ausser der Basis die Flächen eines Prismas.

Die kleinen Kristalle der Figur 14 sind an dem einen Ende von einer Pyramide begrenzt, an dem anderen Ende aber von der Basis, sie sind demnach hemimorph; aus der Abbildung ist dies nicht scharf genug zu ersehen, es scheint eher, als ob die Kristalle mit dem unteren Ende aufgewachsen seien, tatsächlich aber ist dies zum Teil frei und von der glänzenden Basis begrenzt. Die im ganzen seltenen achtseitigen Prismen sind hemiedrisch entwickelt, nur vier von den acht Flächen pflegen ausgebildet zu sein. Dies würde darauf hinweisen, dass die Kristalle zur pyramidalen Hemiedrie gehören, zugleich aber sind sie hemimorph, wir lassen uns auf diese Feinheiten nicht weiter ein.

Die verschiedene Färbung des Minerals ist aus den Abbildungen zu ersehen; die der grossen Kristalle wie in 12 und 13 geht wohl auch mehr in das orangegelb über, die rote Farbe soll nicht immer von Chrom herrühren, was wohl sonst die nächstliegende Annahme wäre. Die kleineren Kristalle sind durchsichtig, die meisten nur durchscheinend, der Glanz oft recht lebhaft diamantartig. Die Härte ist gleich 3, das spezifische Gewicht gleich 6,7—7,0.

Gelbbleierz findet sich auf Bleierzlagerstätten, ist aber nicht häufig.

Der älteste bekannte Fundort ist Bleiberg in Kärnthen (Figur 10—11), dann Pribram in Böhmen (Figur 14), die schönsten Kristalle kommen in neuerer Zeit aus Arizona, von der Red Cloud Mine, Yuma County (Figur 12 und 13), grosse Kristalle hat Mount Nebo in Utah geliefert, auch Wheatley-Mine bei Phönixville in Pennsylvanien.

Gewinnung und Verwendung von Blei. Die Erze, aus denen das Blei gewonnen wird, sind Bleiglanz und nur untergeordnet Weissbleierz, Anglesit oder Pyromorphit. Der Bleiglanz wird zur Vertreibung des Schwefels zuerst geröstet und geht hierdurch in Bleioxyd und schwefelsaures Blei über; indem darauf die Röstprodukte mit unverändertem Bleiglanz zusammengeschmolzen werden, wird das Blei ausgeschieden, während der Schwefel als schweflige Säure in die Luft entweicht. Die Hütten müssen daher mit hohen Abzugsschloten versehen sein. Aus dem Werkblei wird noch Silber, aus diesem Gold gewonnen. Das reinste Blei wird elektrolytisch hergestellt.

Das Blei ist seit den ältesten Zeiten bekannt, in den Trümmern des alten Troja hat Schliemann u. a. ein Idol einer weiblichen Gottheit gefunden, das aus Blei gegossen war. Seine vielfache Anwendung beruht auf seiner Geschmeidigkeit, seiner chemischen Widerstandsfähigkeit, seiner leichten Schmelzbarkeit (es schmilzt bei 300°) und seiner Schwere; es würde noch mehr verwendet werden, wenn es nicht, ebenso wie seine Verbindungen,

giftig wäre. Bleiröhren wurden in alter Zeit wie auch noch jetzt für Wasserleitungen benutzt, sie sind hierfür ohne Nachteil verwendbar, weil sich Bestandteile des Wassers (Kohlensäure, Schwefelsäure) alsbald mit Blei verbinden und einen dünnen unlöslichen Ueberzug im Innern der Röhren bilden. Bleiplatten dienen in der Schwefelsäurefabrikation zur Herstellung der Kammern, aus porösen Bleiplatten (mit Bleiperoxyd) werden die Akkumulatoren zusammengesetzt. Geschosse werden mit Bleimantel versehen, Schrot besteht aus arsenhaltigem Blei (ca. $^1/_2$ % Arsen), Blei mit ca. 20 % Antimon findet als Letternmetall in dem Buchdruckereigewerbe Verwendung, zu manchen andern Legierungen wird Blei benutzt. Mannigfache **Farben** werden aus Blei hergestellt, sie sind, wie alle Bleiverbindungen, giftig. Bleiweiss ist ein Gemenge von verschiedenen basischen Karbonaten von Blei, findet für weisse Ölfarbe ausgedehnte Verwendung, Chromgelb ist chromsaures Blei, ein Gemisch von diesem mit Berliner Blau heisst grüner Zinnober, die rote Mennige ist Bleihyperoxyd, sie heisst auch Orangemennige oder Pariser Rot, bildet ein ziegelrotes Pulver, das als Farbe und Kitt Anwendung findet. Die gelbe Bleiglätte und Massicot ist Bleioxyd, sie wird u. a. zu Glasuren von Töpferwaren benutzt. Bleizucker, essigsaures Blei, wird in der Färberei benutzt und ist zugleich ein Arzneimittel.

Die starke Lichtbrechung, die den dursichtigen Bleiverbindungen eigen ist, überträgt sich auch auf bleihaltiges Glas, das darum für Linsen besonders geeignet ist.

Die Hauptproduktionsländer für Blei sind die Vereinigten Staaten von Nordamerika, Spanien und Deutschland, wir geben im folgenden eine Zusammenstellung für das Jahr 1900, worin die Länder nach ihrer Produktion geordnet sind:

Länder	Tonnen	Länder	Tonnen
Vereinigte Staaten	*228 500*	*Italien*	*23 900*
Spanien	*154 600*	*Frankreich*	*17 800*
Deutschland	*121 500*	*Belgien*	*17 500*
Mexiko	*90 500*	*Kanada*	*17 100*
Australien	*66 000*	*Griechenland*	*16 100*
Grossbritannien	*35 000*	*Oesterreich-Ungarn*	*13 000*

Da die lohnende Verhüttung der Bleierze, wenn nicht ganz besonders günstige Verhältnisse vorliegen, von dem nie fehlenden Silbergehalt beeinflusst wird, so haben viele Bleihütten wegen des niederen Silberpreises mit grossen finanziellen Schwierigkeiten zu kämpfen und mancher früher blühende Betrieb, wie der von Mechernich und des Oberharzes, ist zur Zeit nicht mehr rentabel (siehe Seite 89).

Zinkerze.

Zink kommt in der Natur in gediegenem Zustand nicht vor, es findet sich in Verbindung mit Schwefel als einfaches Sulfid, mit Sauerstoff als Oxyd und mit Säuren als Sauerstoffsalz. Ein Sulfosalz von Zink ist nicht bekannt, wohl aber tritt Zink als Beimischung in Fahlerz auf. Die Schwefelverbindung kristallisiert regulär und hexagonal, sie ist dimorph. Wir nennen von Zinkverbindungen die folgenden:

Digitized by Google

Zinkblende ZnS,
Rotzinkerz ZnO,
Galmei $ZnCO_3$,
Willemit Zn_2SiO_4,
Adamin $Zn_3(AsO_4)_2 \cdot Zn(OH)_2$,
Zinkvitriol $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$,
Wurtzit ZnS,
Zinkspinell $ZnO \cdot Al_2O_3$,
Zinkblüte $ZnCO_3 \cdot 2Zn(OH)_2$,
Kieselzinkerz $H_2Zn_2SiO_5$,
Hopeit $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$.

Die Verwandschaft des Zinks mit andern Elementen spricht sich darin aus, dass diese als Beimischung in den genannten Mineralien auftreten, so Eisen in Zinkblende, Wurtzit und Galmei; Mangan mit und ohne Eisen in Rotzinkerz, Zinkspinell (Franklinit) und Willemit (Troostit); Cadmium in Zinkblende und Galmei.

Wir führen die genannten hier vor mit Ausnahme von Adamin, Hopeit und Zinkvitriol, die keine besondere Bedeutung haben.

Zinkblende ist das Muster einer Blende, d. i. einer durchsichtigen oder durchscheinenden Schwefelverbindung, sie wird darum auch kurzweg Blende genannt. Dieser, von deutschen Bergleuten gebrauchte Namen ist seinem griechischen Synonym Sphalerit gewiss vorzuziehen.

Die Kristalle von Zinkblende sind meist recht wenig deutlich, man muss schon suchen, um solche zu finden, deren Form man leicht erkennen kann. Sie sind regulär-tetraedrisch, ihre Gestalt ist aber oft so, dass man sie für vollflächig halten möchte, erst genauere Betrachtung lässt die Hemiedrie erkennen. Die auf Tafel 20 in Figur 1 und 2 abgebildeten Kristalle sind beide von dem scheinbaren Oktaeder und dem Würfel begrenzt, bei dem Kristall der Figur 2 sind die Oktaederflächen auch alle gleich glänzend, wir können eine Verschiedenheit nicht wahrnehmen (dass die rechte im Bild dunkel ist, liegt nur daran, dass sie sich bei der Aufnahme im Schatten befunden hat), an dem Kristall der Figur 1 dagegen ist die eine Oktaederfläche (rechts) glänzend und wulstig, die andere (links oben) matt und rauh. Derselbe Kristall ist nach einer anderen Aufnahme, auch von einer anderen Seite, auf der die Würfelfläche nicht so durch die Flächenwulste verzerrt ist, noch einmal auf Tafel 19, Figur 3 abgebildet und lässt auch hier die Verschiedenheit der Flächen wahrnehmen; die schematische Textfigur 124 erläutert uns weiter einen solchen Kristall. Das Oktaeder ist demnach hier die Kombination von Tetraeder und dem Gegentetraeder.

Fig. 124.

Zinkblende
nach G. Tschermak.

Deutlich erkennen wir die tetraedrische Ausbildung an dem Kristall der Abbildung 3 auf Tafel 20, an dem das eine Tetraeder gross, das andere klein ist; die Kanten des vorherrschenden Tetraeders sind durch die Würfelflächen abgestumpft, auf der linken Seite ist eine Zwillingslamelle in den Kristall eingelagert.

Sehr klar tritt die tetraedrische Hemiedrie an dem würfeligen Kristall der Figur 4 dadurch zu Tage, dass nur die gegenüberliegenden, nicht auch die benachbarten Ecken abgestumpft sind, besonders aber durch die Streifung, die nach nur einer Diagonale über die Würfelfläche verläuft, bei einem vollflächigen Würfel müsste sie parallel zu beiden Diagonalen verlaufen. So schöne Kristalle, wie die der Figur 4 sind übrigens selten. Wir sehen diesen wie den eben besprochenen Kristall noch einmal auf Tafel 19 in Figur 2 und 4 abgebildet.

Ausser oktaedrischen und tetraedrischen Kristallen sind dodekaedrische häufig, ein grosser Kristall, nur von dem Rhombendodekaeder begrenzt, ist in Figur 1 auf Tafel 19 abgebildet; andere bedecken die in Figur 10 der Tafel 20 abgebildete Stufe, an denen

Digitized by Google

noch andere Flächen auftreten; die gleichseitigen Dreiecke sind Tetraederflächen, die gleichschenkligen sind Flächen eines Pyramidentetraeders $\frac{3O3}{2}$. Neben den braungelben durchsichtigen Zinkblendekristallen sehen wir auf dieser Stufe Fahlerz in metallisch glänzenden grauen ebenfalls tetraedrischen Kristallen, die beiden besten Vertreter der tetraedrischen Hemiedrie sind hier vereinigt.

Besonders häufig sind bei Zinkblende Zwillingskristalle, die je nach der Form der Einzelkristalle verschiedene Ausbildung zeigen. Einen einfachen Zwilling sehen wir in Abbildung 5 auf Tafel 20. Die Kristalle, welche hier verwachsen sind, haben oktaedrische Gestalt, der Zwilling ist daher in seiner Form dem von Magneteisen (Figur 9 auf Tafel 29) ähnlich. Wiederholte Zwillingsbildung zeigen die Kristalle Figur 3, 6, 7 und 8. In dem Kristall der Abbildung 3 sind schmale Zwillingslamellen nach den Tetraederflächen eingelagert, bei Kristall 6 sind zwei Kristalle, begrenzt von den beiden Tetraedern und Würfel miteinander verwachsen, bei Kristall 7 drei Individuen, in beide sind ausserdem noch schmale Zwillingslamellen eingelagert. Der Kristall der Figur 8 hat oktaedrische Gestalt, die beiden Tetraeder sind gleich gross, die Ecken sind durch kleine Würfel-, die Kanten z. T. wenigstens durch schmale Rhombendodekaederflächen abgestumpft. Mit dem grossen Kristall ist ein kleinerer (nach links) mit diesem wieder einer verwachsen und so, dass die drei Dodekaederflächen bei ihnen in eine Ebene fallen, sie sind in der Abbildung gleich glänzend.

Die Farbe von Zinkblende ist meist braun bis schwarz (Figur 1—9), gelb bräunlichgelb (10), rot (12), ölgrün, sehr selten farblos. Manche Vorkommen sind vollkommen durchsichtig und zeigen dann diamantartigen Glanz, meist ist Zinkblende durchscheinend, bis nahezu undurchsichtig, ihr Glanz wird dann metallisch. Bisweilen sind die Kristalle mit einer dünnen Rinde von Kupferkies überzogen, Figur 11 zeigt einen solchen von oktaedrischer Form.

Zinkblende ist spröd und spaltet sehr leicht nach den Flächen des Rhombendodekaeders, sodass man regelmässige Spaltungsformen herstellen kann; in Figur 9 ist eine solche abgebildet. Die Härte ist $3\frac{1}{2}$—4, das spezifische Gewicht etwa 4. Manche derbe Stücke phosphoreszieren, d. h. geben Funken oder leuchten, wenn sie im Dunkeln verrieben oder zerkratzt werden.

Reine Zinkblende enthält 67 % Zink und 33 % Schwefel, ihre Formel ist ZnS, meist ist aber der Zinkgehalt geringer durch Beimischung von Eisen (als FeS); ausserdem enthält sie bisweilen Cadmium, Indium und Gallium, drei seltene Elemente. Gallium ist neben Quecksilber das einzige Metall, das bei gewöhnlicher Temperatur flüssig sein kann. Es schmilzt bei 30°, bleibt aber bei Zimmertemperatur flüssig, solange es nicht mit einem Stück des festen Metalls berührt wird.

Bei der Verwitterung entsteht aus Blende Zinkvitriol.

Blende kommt besonders häufig in derben körnigen und blättrigen Massen, von Quarz, Kupferkies und Bleiglanz durchwachsen, vor. Bisweilen auch in traubigen und nierenförmigen Aggregaten, wie in Figur 13 abgebildet, bei solchen ist es aber nicht leicht zu entscheiden, ob sie der regulären Blende oder dem hexagonalen Wurtzit angehören.

Blende tritt wie Bleiglanz in Gängen und Lagern auf, oft mit ihm zusammen. Einige Fundorte sind: Das Erzlager des Rammelsbergs bei Goslar, die Gänge von Claustal, Andreasberg und Neudorf im Harz. Die Lager im mitteldevonischen Kalk bei Brilon, in Westfalen, Gänge im rheinischen Schiefergebirge bei Siegen, Bensberg, Holzappel bei Nassau, Grube Berghäuschen bei Laasphe (Figur 11). Gänge bei Freiberg in Sachsen, Schlaggenwald in Böhmen (Figur 4), Kapnik in Ungarn (Figur 10), Rodna in Siebenbürgen (Figur 5) Lager im unteren Muschelkalk von Beuthen in Oberschlesien, die

Digitized by Google

hier die ausserordentliche Mächtigkeit von 12 m erreichen. Schöne glänzende Kristalle finden sich in zuckerkörnigem Dolomit im Binnental in der Schweiz (Figur 3, 6, 7), auf der Bleigrube Bottino bei Serravezza in Toskana (Figur 8), bei St. Agnes in Cornwall, grossspätige klare hellgelbe bis gelbbraune Massen am Picos de Europa in Santander in Spanien. Der in Figur 1 abgebildete Kristall stammt von Joplin in Missouri, von dort ist auch die rote Blende der Figur 12. Die Blende tritt hier mit Bleiglanz (Tafel 16, Figur 2) zusammen auf und bildet mächtige Lager, die Produktion der Zinkerze in Missouri betrug im Jahre 1898 211000 t. Der Kristall der Figur 2 ist von Lake City in den Vereinigten Staaten, es sind dies nur einige der vielen Fundorte.

Zinkblende wird auf Zink verhüttet, aus ihrem Schwefel wird Schwefelsäure dargestellt.

Wurtzit hat die Zusammensetzung von Blende, ist aber hexagonal, freilich sind Kristalle von ihm selten, meist findet er sich in faserigen bis dichten Aggregaten. Dass diese hexagonal sind, kann man ihnen nicht ansehen und kann darum faserige Blende und Wurtzit nicht ohne weiteres unterscheiden; dies ist erst durch genauere Untersuchung möglich, die sich darauf gründet, dass Blende einfach brechend, Wurtzit aber doppeltbrechend ist. Hierbei hat sich herausgestellt, dass in den dichten Aggregaten beide gemengt sind, die grobfaserigen aber aus Wurtzit bestehen; da diese in strahligen Aggregaten auftreten, wird das Mineral auch Strahlenblende genannt.

Ein kleines Stück von typischem Wurtzit ist in Figur 14 abgebildet, radialfaserig, braun mit starkem nahezu metallischem Glanz, es findet sich so bei Pribram in Böhmen.

Dichte Massen, meist aus Blende und Wurtzit gemengt, bilden die Schalenblende (Figur 15), so genannt, weil Lagen von dichter gelber und schwarzer Blende miteinander, wohl auch mit Lagen von Bleiglanz und Markasit abwechseln und die innern von den äussern schalenartig umhüllt werden, auch hier wie bei Malachit und Achat so, dass die äusseren Lagen sich den innern genau anschmiegen. Solche Schalenblende findet sich auf den Zinkerzlagern der Gegend von Aachen, das abgebildete Stück ist von der Grube Schmalgraf, und tritt genau ebenso bei Scharley in Oberschlesien auf.

Wurtzit wird wie Zinkblende benutzt ist aber, weil er seltener ist, viel weniger wichtig.

Die Verwandten von Zinkblende und Wurtzit sind die folgenden Mineralien:

regulär:	hexagonal:	
Zinkblende ZnS,	Wurtzit ZnS,	Millerit NiS,
Manganblende MnS.	Greenockit CdS,	Rotnickelkies $NiAs$,
		Antimonnickel $NiSb$.

Rotzinkerz oder Zinkit findet sich in grösserer Menge nur an einigen Orten in den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika. Den Namen verdankt das Mineral ausser dem Zinkgehalt seiner blutroten Farbe, die wahrscheinlich von Manganoxydul herrührt. Das Mineral bildet körnige und blättrige Massen (Tafel 21, Figur 1), an denen man Spaltbarkeit nach einer Richtung erkennt; die sehr seltenen Kristalle gehören dem hexagonalen System an. Das Pulver ist pomeranzgelb und hieran, wie an der Farbe, lässt sich Rotzinkerz immer leicht erkennen. Die Härte ist wenig höher als 4, das spezifische Gewicht = 5,6.

Das Mineral findet sich zusammen mit dem gleich zu besprechenden Franklinit und Willemit in Kalkspat (Figur 3) am Sterling Hill bei Ogdensburg und am benachbarten Mine Hill bei Franklin Furnace, New Jersey, an demselben Fundort, von dem der in Figur 7 der Tafel 21 abgebildete Willemit stammt.

Digitized by Google

Franklinit, der Begleiter von Rotzinkerz, gehört in die Gruppe der regulär kristallisierenden Spinelle und ist mit Zinkspinell und Magneteisen nahe verwandt. Wie die andern Zinkerze, die mit Franklinit zusammen vorkommen, enthält er ausser Zink noch Mangan und Eisen, dieses oft in überwiegender Menge, seine Zusammensetzung kann durch die Formel $(Zn, Fe, Mn) O \cdot (Fe, Mn)_2 O_3$ ausgedrückt werden. Die Härte ist ungefähr 6, das spezifische Gewicht = 5. Die Kristalle sind reguläre Oktaeder (Figur 2 und 3 auf Tafel 21), deren Kanten oft gerundet oder auch durch Rhombendodekaeder abgestumpft sind; sie treten eingewachsen in Kalkspat oder Rotzinkerz auf. Die Fundorte sind die gleichen wie von Rotzinkerz. Das eigentliche Erz dieser Lager ist ein körniges Gemenge von Franklinit, Willemit und Rotzinkerz mit oder ohne Kalkspat.

Zinkspinell. Durch den Namen dieses Minerals wird ausgedrückt, dass es in die Spinellgruppe gehört, sich aber von dem eigentlichen Spinell, der nach der Formel $MgO \cdot Al_2O_3$ zusammengesetzt ist, dadurch unterscheidet, dass es Zinkoxyd enthält, seine chemische Formel ist $ZnO \cdot Al_2O_3$, es enthält in reinem Zustand 32 % Zink.

Die Kristalle sind einfache reguläre Oktaeder (Figur 4 auf Tafel 21) oder Zwillinge nach einer Oktaederfläche (Figur 5), sind grünlich schwarz und finden sich eingewachsen in Talkschiefer bei Fahlun in Schweden. Von dem äusserlich ähnlichen Magneteisen lässt sich Zinkspinell leicht dadurch unterscheiden, dass er nicht magnetisch ist.

Als Erz hat Zinkspinell keine besondere Bedeutung, die Verbindung ist aber in anderer Hinsicht von Interesse, sie bildet sich nämlich in den Muffelöfen der Zinkhütten in grosser Menge, sehr zum Schaden der Produktion, da das Zink, das sich mit der Tonerde der Muffeln verbunden hat, bis jetzt daraus nicht wieder zu gewinnen ist. Wenn wir die Gewinnung und Verwendung von Zink besprechen, werden wir hierauf zurückkommen.

Willemit ist eine Verbindung von Zink mit Kieselsäure und ist nach der Formel Zn_2SiO_4 zusammengesetzt. Dem Willemit von den Zinkerzlagern in New-Jersey sind mehrere Prozent Mangan beigemischt; man hat darum geglaubt, dass ein besonderes Mineral vorliege und ihm einen besonderen Namen T r o o s t i t gegeben, es hat sich aber herausgestellt, dass zwischen diesem und dem reinen Willemit ein wesentlicher Unterschied nicht besteht; der reine Willemit enthält 73 % Zinkoxyd (58½ % Zink), der Troostit 53—68 % Zinkoxyd und daneben 4—12 % Manganoxyd. Beide gelatinieren mit Salzsäure.

Der eigentliche Willemit bildet sehr kleine, gelb bis braun gefärbte, glasglänzende hexagonale Kristalle, an denen mit der Lupe Prisma und Rhomboeder zu erkennen ist. Er kommt zusammen mit Kieselzinkerz und Zinkspat auf der jetzt nicht mehr in Betrieb befindlichen Grube Altenberg im neutralen Gebiet von Moresnet bei Aachen vor.

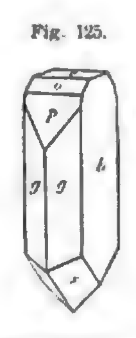
Die als Troostit bezeichnete Varietät bildet entweder grosse Kristalle (Figur 7, Tafel 21), die von einem Rhomboeder und dem Prisma der zweiten Stellung begrenzt und deren Kanten mehr oder weniger stark gerundet sind, oder er ist mit Rotzinkerz und Franklinit zu einem körnigen Gemenge vereinigt. Seine Fundorte sind dieselben, wie die der beiden anderen Zinkerze.

Kieselzinkerz. In Gegensatz zu Willemit, der nur aus Zink und Kieselsäure besteht, enthält Kieselzinkerz noch die Bestandteile von Wasser damit vereinigt, seine chemische Formel ist $H_2Zn_2SiO_5$; in reinem Zustand enthält das Mineral 54 % Zink.

Seine Kristalle sind leider so klein (höchstens 1 cm lang und 2—3 mm dick), dass sie sich zur naturgetreuen Abbildung wenig eignen, wir lernen ihre Form besser aus einer Zeichnung kennen (Figur 125). Die Kristalle gehören dem rhombischen System an, sind tafelig nach dem Brachypinakoid (*b*), das die seitliche Kante des Vertikalprismas (*g*) breit abstumpft, und sind an beiden Enden einer Achse verschieden ausgebildet, hemi-

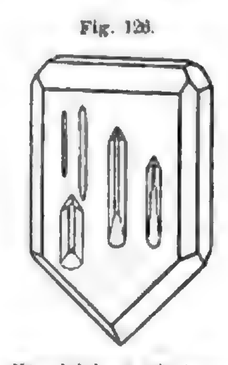
morph; an dem einen Ende tritt die Basis (*c*) und Domenflächen (*o*, *p*) auf, an dem anderen Ende eine Pyramide (*s*); wegen der hemimorphen Ausbildung heisst das Mineral auch Hemimorphit, ein wenig glücklicher Name, denn beide Enden sieht man nur selten, da die Kristalle meist mit einem Ende aufgewachsen sind und nur das von Basis und Domenflächen begrenzte Ende frei ausgebildet ist.

Fig. 125.



Kieselzinkerz.

Fig. 126.



Kieselzinkerz mit Aetzfiguren, nach G. Tschermak.

Aber auch dann lässt sich die Verschiedenheit der beiden Enden noch nachweisen. Kieselzinkerz wird nämlich wie andere hemimorphe Kristalle (Turmalin) durch Temperaturänderung elektrisch erregt und an beiden Enden immer verschieden, einerlei, ob Kristallflächen da vorhanden sind oder nicht. Man erkennt dies am besten, wenn man abgebrochene Kristalle in einem Trockenschrank auf etwa 100° erwärmt und darauf beim Abkühlen mit einem trockenen Gemisch von feinstem Schwefel- und Mennigepulver bestäubt, der negative Schwefel setzt sich dann an das positive erregte untere, die positive Mennige an das negativ erregte obere Ende, das von Basis und Domenflächen begrenzt ist. Man nennt diese Art von elektrischer Erregbarkeit Pyroelektrizität, weil sie durch Temperaturänderung erzeugt wird.

Durch Behandeln mit verdünnter Säure entstehen auf dem breiten Pinakoid langgestreckte (aber doch mikroskopisch kleine) Vertiefungen, Aetzfiguren (Figur 126), deren beiden Enden gleichfalls verschieden sind, das eine ist flach spatelförmig, das andere spitz, auch dies beweist, dass die Kristalle hemimorph sind, ihre beiden Enden sind nicht nur durch die äusseren Flächen, sondern auch in ihren innern physikalischen Eigenschaften verschieden, und die physikalische Verschiedenheit ist das Wesentliche und Bleibende.

Die Kristalle von Kieselzinkerz sind farblos oder gelb, durchsichtig und glasglänzend und bedecken meist dicht gedrängt die Wände von kleinen Spalten und Höhlungen des dichten Zinkerzes oder bilden büschel- und fächerförmige Aggregate oder, kleiner und undeutlicher werdend, krustenförmige Ueberzüge, warzenförmige und traubige Aggregate. In derben Massen ist Kieselzinkerz körnig, oder schalig und faserig, ein solches ist in Figur 8 der Tafel 21 abgebildet, es verdankt seine blaue Farbe einem geringen Gehalt an Kupfer, sonst ist das derbe Erz gelb, braun, wohl auch grün. Die Härte ist ungefähr 5, das spezifische Gewicht = 3,5. Durch Säuren wird das Mineral leicht zersetzt.

Kieselzinkerz findet sich fast immer mit Zinkspat zusammen auf Gängen und Lagern in zersetztem Kalkstein. Ein reiches Lager, das zugleich die schönsten Kristalle geliefert hat, ist auf der Grube Altenberg in dem ehemals neutralen Gebiet von Moresnet bei Aachen abgebaut worden. Stengelige, faserige, traubige und nierenförmige Aggregate, selten Kristalle, setzen mit Zinkspat die Lager im Muschelkalk bei Tarnowitz in Schlesien zusammen. Kristalle und traubige zerfressene Massen finden sich bei Kreuth nahe Bleiberg in Kärnthen. Verbreitet ist Kieselzinkerz auf Sardinien, von hier stammt das schaligfaserige Stück der Abbildung 8. In Spanien findet sich Kieselzinkerz mit anderen Zinkerzen zusammen in der Lagerstätte von Cumillas bei Santander und an vielen anderen Zinkerzlagerstätten, in Russland im Gebiet von Nertschinsk, in Nord-Amerika am Sterling Hill bei Ogdensburg in New-Jersey in körnigen Massen. Es ist ein wichtiges Zinkerz.

Zinkspat ist das wichtigste Zinkerz, tritt aber immer in recht unscheinbarem Gewand auf, seine Kristalle sind klein und rauh, lassen aber doch mit der Lupe erkennen, dass sie hexagonal-rhomboedrisch sind, ihre Form ist der von Eisenspat ähnlich, nur sind

Digitized by Google

die Rhomboeder immer viel kleiner und zu krustenartigen Ueberzügen vereinigt, meist aber sieht man von Kristallform überhaupt gar nichts; das Mineral bildet erdige oder körnige, oft stark mit Brauneisenstein und Kalk gemengte Massen, aus denen sich auf Hohlräumen traubenförmige, nierenförmige und tropfsteinartige, im Innern körnige Gebilde entwickeln; ein solches ist in Figur 6 auf Tafel 21 abgebildet. Die Farbe ist weiss, gelblich oder braun, die Härte ungefähr 5, das spezifische Gewicht = 4,5.

Zinkspat ist die Verbindung von Zink mit Kohlensäure $ZnCO_3$, löst sich daher in Salzsäure unter Brausen auf; auf Kohle lässt sich mit dem Lötrohr rings um die gepulverte Probe ein in der Hitze gelber, erkaltet weisser Beschlag erzeugen. Mancher Zinkspat, so der von Wiesloch in Baden, enthält bis zu 3 % Cadmiumkarbonat beigemischt und ist dann schön gelb gefärbt.

Zinkspat tritt meist mit Kieselzinkerz zusammen auf und beide Zinkerze werden kurzweg als Galmei bezeichnet, Zinkspat wohl auch als edle Galmei, derbes Kieselzinkerz als Kieselgalmei. Er findet sich hauptsächlich auf Lagern in Kalkstein und ist durch besondere chemische Prozesse in ihm entstanden. Kalkstein wirkt nämlich auf Zinklösungen so ein, dass durch ihn das Zink als Karbonat gefällt wird, während er selbst in Lösung geht und fortgeführt wird. Zinklösungen, durch Verwitterung von Zinkblende entstanden, haben den Kalkstein auf Spalten und in Höhlen durchrieselt, ihr Zink als Karbonat abgegeben, dafür entsprechende Mengen von Kalk mit fortgenommen. Dass dieser Prozess so verlaufen ist, beweisen uns Pseudomorphosen, deren Form Kalkspat geschaffen hat, deren Substanz aber jetzt körniger Zinkspat ist, die letztere Verbindung hat den Kalkspat verdrängt, weil sie schwerer löslich ist als dieser, und sie hat dies getan in den kleinen Kristallen und den grossen Lagern.

Die grössten Zinkerzlager werden bei Beuthen in Oberschlesien abgebaut Sie gehören dem unteren Muschelkalk an und bestehen in den tieferen Teilen der Lager aus Zinkblende und Schalenblende, die auf den Gruben Bleischarley eine Mächtigkeit von 12 m erreicht; steter Begleiter der Blende ist Markasit. Weiter nach dem Ausgehenden der Lager tritt an die Stelle von Zinkblende erdiges Zinkkarbonat und Kieselzinkerz, offenbar ist hier die Zinkblende verwittert und es hat sich aus ihren Verwitterungsprodukten und dem Kalkstein in der eben geschilderten Weise Galmei gebildet, während der Markasit zu Brauneisenstein oxydiert wurde, so dass das Erz hier zu einem galmeihaltigen Brauneisenstein geworden ist. Die Gesamtförderung an Zinkerzen im Oberbergamtsbezirk Breslau betrug im Jahre 1898 522839 t, wovon 42 % Galmei und 58 % Blende waren, von der gesamten Zinkproduktion Deutschlands kommt fast $^2/_3$ auf Oberschlesien.

Ebenfalls in Verbindung mit Kalkstein stehen die bei Kieselzinkerz genannten Galmeilager vom Altenberg bei Aachen und Bleiberg in Kärnten, ferner die Galmeilager von Wiesloch in Baden, Raibl in Kärnthen, Iserlohn und Brilon in Westfalen (von hier das Stück der Abbildung 6), Laurion in Griechenland, Picos de Europa in Spanien; und wie es scheint treten überall in der Teufe der Lager geschwefelte Erze und nur in der Nähe der Oberfläche und da, wo die Atmosphärilien Zugang finden konnten, Zinkspat auf, so dass wohl mit Sicherheit anzunehmen ist, dass er aus diesen unter Mitwirkung der Atmosphärilien und des Kalksteins hervorgegangen ist, auf Gängen ausserhalb des Kalksteins findet sich daher Zinkspat nicht, weil hier die eine Bedingung für seine Entstehung, der Kalkstein, fehlt.

Zinkblüte. Wie der Zinkspat, so ist sicher auch Zinkblüte ein Verwitterungsprodukt von Zinkerzen, es spricht sich dies deutlich darin aus, dass sie neben den Bestandteilen des Zinkspats noch die des Wassers enthält, sie kann als basisch kohlensaures Zink $ZnCO_3 \cdot 2\,Zn(OH)_2$ betrachtet werden. Auch ihr Vorkommen spricht für diese Entstehung, sie bildet nämlich sinterartige (Tafel 21, Figur 9), tropfsteinartige oder traubige

Digitized by Google

Massen, die blassgelb und dicht, oft schalig sind und in den oberen Teufen der Galmeilager sich finden, freilich nicht häufig, das Mineral ist daher bei weitem kein so wichtiges Erz als Zinkspat, es findet sich besonders bei Cumillas und Udlas in der Provinz Santander in Spanien.

Verhüttung. Das metallische Zink schmilzt schon bei 420° und verdampft bei 950°, es kann daher aus seinen Erzen nicht als geschmolzenes Zink abgeschieden werden, weil die Temperatur, die durch Verbrennung erzeugt wird, höher ist, als der Siedepunkt des Metalls; es wird — ähnlich wie Schwefelblüte — durch Destillation gewonnen. Zunächst wird das Erz in Zinkoxyd übergeführt, was bei Zinkspat am leichtesten geht, da einfache Erhitzung genügt, um aus ihm die Kohlensäure auszutreiben; bei Zinkblende ist dies schon schwieriger, weil sie leicht in schwefelsaures Zink übergeht, was vermieden werden muss; sie wird in besonders konstruierten Oefen so erhitzt, dass ihr Zink in Zinkoxyd, ihr Schwefel in schweflige Säure übergeht, die entweder durch hohe Kamine in die Luft geführt oder in besonderen Behältern aufgefangen und zu Schwefelsäure verarbeitet wird. Das Zinkoxyd wird in Retorten aus feuerfestem Ton, den Muffeln, mit Kohle erhitzt, durch diese reduziert und das verdampfende Zink wird in besonderen Vorlagen aufgefangen. Hierbei tritt ein besonderer Verlust dadurch ein, dass sich das Zink bei der hohen Temperatur mit der Tonerde des Tons verbindet und Zinkspinell bildet, aus dem das Zink nicht mehr gewonnen werden kann, das Material wird zur Strassenbeschotterung benützt! Man hat berechnet, dass hierdurch in Oberschlesien allein ein jährlicher Verlust von etwa 44—45 Millionen Kilogramm Zink im Werte von über 7 Millionen Mark eintritt. Man müsste, um dies zu verhüten, Muffeln aus gebrannter Magnesia oder aus Korund benutzen, dies wird aber wohl aus anderen Gründen nicht möglich sein.

Verwendung. Zink wird benutzt als Blech, zum Decken von Häusern, zu Ornamenten und zu Haushaltungsgegenständen; ferner zum Verzinken von Eisen als Schutz gegen Rost; Zink oxydiert sich freilich auch, aber nur an der Oberfläche und bildet somit einen wirksamen Schutz gegen die Wirkung der feuchten Luft. Zink wird vielfach bei galvanischen Elementen benutzt, indem Zink und Kupfer in die Lösungen ihrer schwefelsauren Salze, die durch eine poröse Zelle von gebranntem Ton voneinander getrennt sind, eingetaucht und durch einen Kupferdraht leitend miteinander verbunden werden. Aus der Lösung von Kupfervitriol wird alsdann Kupfer abgeschieden, Zink geht in Lösung und durch den Leiter geht während dieses Vorgangs ein elektrischer Strom von dem Kupfer nach dem Zink; man nennt ein solches Element nach seinem Erfinder eine Daniellsche Kette. Die wichtigsten Legierungen von Zink mit Kupfer haben wir bei diesem (Seite 104) genannt.

Von Zinkverbindungen wird Zinkoxyd unter dem Namen Zinkweiss als Malerfarbe benutzt, deckt aber weniger als Bleiweiss. Aus einer Mischung von Zinkvitriol und Schwefelbaryumlösung wird eine weisse Farbe dargestellt, die als Griffiths-Weiss oder Lithopone im Handel geht. Chlorzink dient zum Imprägnieren von Eisenbahnschwellen, die hierdurch vor der Zerstörung durch Pilze geschützt werden.

Enthielten die verhütteten Zinkerze Cadmium, so geht bei der Destillation zuerst dieses über, da es schon bei 770° siedet. Legierungen von Cadmium zeichnen sich durch besonders leichte Schmelzbarkeit aus, eine der bekanntesten ist das Woodsche Metall (siehe bei Wismut Seite 128). Eine Legierung von 50% Blei, 27,5% Zinn und 22,5% Cadmium eignet sich vorzüglich zu Clichés. Mit Schwefel bildet Cadmium eine schöne gelbe Verbindung, die durch Fällen einer Cadmiumsalzlösung mit Schwefelwasserstoff erhalten wird und als Cadmiumgelb als Oel- und Wasserfarbe verwendet wird. Durch Fällung von Cadmiumsulfat mit Baryumsulfid entsteht eine Mischfarbe, die als Papierfärbemittel gebraucht wird. Ein Amalgam von Cadmium und Quecksilber wird in der Zahn-

technik als Ausfüllmasse benutzt. Das meiste Cadmium wird aus den oberschlesischen Zinkerzen gewonnen, im Jahre 1897 betrug hier die Produktion 15527 kg.

Die Cadmia der alten Römer ist Galmei, die mit Kupfererz zusammen verhüttet, Messing liefert. Das metallische Zink ist ihnen wahrscheinlich unbekannt gewesen, Messing dagegen findet sich häufig an Fundstücken der römischen Kaiserzeit.

Die Produktion von Zink betrug im Jahre 1900 in englischen Tonnen (zu 1016 kg):

Westdeutschland, Belgien, Holland	*186320*	engl. Tonnen
Schlesien	*100705*	„ „
Grossbritannien	*29830*	„ „
Frankreich und Spanien	*30620*	„ „
Oesterreich und Italien	*6975*	„ „
Russland	*5875*	„ „
Vereinigte Staaten	*110465*	„ „
zusammen	*470790*	engl. Tonnen
„	*478323*	metrische Tonnen (zu 1000 kg).

Im Jahre 1901 hat die Produktion über 500000 metrische Tonnen (498590 engl. Tonnen) betragen, im Jahre 1902 ist sie gar auf 536760 engl. Tonnen gestiegen.

Der Preis für die Tonne Rohzink beträgt etwa 400 Mark, ist aber in dem letzten Jahrzehnt beträchtlichen Schwankungen unterworfen gewesen und im Jahre 1901 auf 340 Mark gesunken, in diesem Jahre (1903) bis zu 480 Mark gestiegen.

Antimonerze.

Antimon kommt in gediegenem Zustand in der Natur vor, häufiger aber in Verbindung mit anderen Elementen, besonders mit Schwefel als Antimonglanz und mit Schwefel und einem schweren Metall (Silber, Kupfer oder Blei) in zusammengesetzten Schwefelverbindungen als sogenanntes Sulfosalz in Rotgültigerz, Bournonit und Fahlerz, die wir bereits kennen gelernt haben. Ferner kommt es in Verbindung mit Sauerstoff in zwei gleich zusammengesetzten, aber verschieden kristallisierten Mineralien vor, Sénarmontit und Valentinit, und in einer Verbindung, die Sauerstoff und Schwefel zugleich enthält, dem Rotspiessglanz. Wenn wir daher von den früher beschriebenen zusammengesetzten antimonhaltigen Mineralien absehen, bleiben die folgenden Antimonverbindungen übrig:

Gediegen Antimon Sb., Antimonglanz Sb_2S_3,
Sénarmontit Sb_2O_3, Valentinit Sb_2O_3.
Rotspiessglanz Sb_2S_2O,

Gediegen Antimon findet sich hauptsächlich in derben körnigen oder blättrigen Stücken, die metallisch glänzend und zinnweiss, oft etwas gelblich angelaufen sind und für das Auge im ganzen wenig bieten. In Figur 1 der Tafel 22 sehen wir das Mineral mit Kalkspat vereinigt, in Figur 2 ein grösseres freies Stück, dessen grosse Fläche eine Spaltfläche ist. Antimon kristallisiert hexagonal-rhomboedrisch und spaltet nach der Basis und den Flächen eines stumpfen Rhomboeders, natürliche Kristalle gehören aber zu den allergrössten Seltenheiten, man hat die Form an künstlich dargestellten Kristallen ermittelt; sie ist ein würfelähnliches Rhomboeder mit einem Winkel von 87° 7′; hierdurch zeigt sich Antimon mit Arsen und Wismut nahe verwandt, die beide auch rhomboedrisch kristallisieren und an künstlich dargestellten Kristallen Rhomboeder zeigen, dessen Winkel bei Arsen 85° 4′ und bei Wismut 87° 40′ betragen.

Digitized by Google

Antimon ist spröd, sein spezifisches Gewicht ist 6,7, seine Härte = 3½. Auf Kohle lässt es sich leicht schmelzen, gibt hierbei weissen Rauch und weissen Beschlag von Antimonoxyd und ist vollkommen flüchtig.

Antimon findet sich auf den Silbergängen von Andreasberg i. Harz; bei Sala in Schweden, von diesen beiden Orten stammen die abgebildeten Stücke. Ferner findet es sich bei Allemont in Frankreich, Sarawak auf Borneo, im ganzen ist es ein seltenes Mineral und spielt als Antimonerz keine Rolle, das wichtigste Antimonerz ist Antimonglanz.

Antimonglanz, auch Grauspiessglanz oder Antimonit genannt, ist nicht nur das wichtigste, sondern auch das am längsten bekannte Antimonerz, als Schminke für die Augenbrauen benutzt hat es sich in spartanischen Gräbern gefunden. Dass das Mineral Schwefel enthalte, war schon Basilius Valentinus bekannt und in der Tat ist der Schwefelgehalt leicht zu erkennen, es schmilzt nämlich ausserordentlich leicht und gibt, wenn Luft zutritt, den Geruch des verbrennenden Schwefels; erhitzt man es auf Kohle, so bildet sich rings um die Probe gleichzeitig der weisse Antimonbeschlag und bei längerem Erhitzen verschwindet die Probe vollständig, da Antimonglanz flüchtig ist. Auch mit Salzsäure lässt sich der Schwefelgehalt leicht erkennen, indem sich da der widerliche Geruch nach Schwefelwasserstoff kräftig bemerkbar macht. Die genauere Untersuchung ergibt, dass Antimonglanz immer sehr rein ist und 71,4% Antimon mit 28,6% Schwefel enthält, seine Zusammensetzung wird durch die Formel Sb_2S_3 ausgedrückt.

Früher waren von Antimonglanz nur kleine, spiessige, zu Büscheln vereinigte Kristalle bekannt, an denen man nachweisen konnte, dass sie dem rhombischen System angehören, die aber dem Auge nicht gerade viel boten. Es waren prismatische Kristalle, begrenzt von einem Vertikalprisma, das mit einem Winkel von 90° 26′ von einem quadratischen nur wenig verschieden ist, dem Brachypinakoid und bald stumpfen, bald steilen Pyramiden am Ende. Auch die besten dieser Kristalle wurden weit in den Schatten gestellt, durch Stufen aus Japan, die zuerst vor etwa 30 Jahren in die europäischen Sammlungen gelangten und von denen wir einen einzelnen Kristall auf Tafel 22, Figur 4, eine Stufe auf Tafel 23 in natürlicher Grösse vorführen. Die Kristalle erreichen eine Länge bis zu 0,5 m und eine Dicke von 5 cm, sind dabei durch ausserordentlichen Flächenreichtum ausgezeichnet, so dass sie nicht nur das Auge des Laien, sondern auch das Herz der Kristallographen erfreuen. Unsere Kristalle zeigen vertikal gestreifte Prismen mit dem Brachypinakoid, eine Pyramide und ein Brachydoma, nur wenige Flächen, denn wir gehen hier nicht darauf aus, möglichst flächenreiche, sondern möglichst charakteristische Formen zu bieten.

Nicht selten sind die Kristalle mehr oder weniger stark gekrümmt und gebogen, eine Andeutung hiervon zeigt der nach links heraus ragende Kristall unserer grossen Stufe.

Die glänzenden Bruchflächen, welche Kristalle und breitstrahlige Aggregate zeigen, sind eine Folge sehr vollkommener Spaltbarkeit nach dem Brachypinakoid; oft ist diese Spaltfläche quer gestreift, wie es Figur 6 andeutet, bisweilen gekrümmt, wenn die Kristalle krumm sind.

Antimonglanz besitzt Metallglanz, besonders lebhaft auf frischen Kristall- und Spaltungsflächen, die Farbe ist blei- bis stahlgrau, oft blau oder schwärzlich angelaufen, wie unsere Abbildungen es zeigen.

Die Härte ist sehr gering, ungefähr die von Gyps, darum werden die Kristalle leicht beschädigt und es ist nicht zu verwundern, dass die der grossen Stufe, die den weiten Transport von Japan erlitten hat, nicht mehr vollkommen intakt sind. Das spezifische Gewicht beträgt 4,5.

Die grossen, als Erz geförderten Massen von Antimonglanz bilden radialstrahlige, verworren faserige grob- bis feinstengelige Aggregate, zwei solcher Stücke zeigen die Abbildungen 5 und 6 auf Tafel 22.

Antimonglanz verwittert im ganzen wenig, es bildet sich aus ihm wohl erdiger, gelber Antimonocker, weisser Valentinit, vielleicht auch Rotspiessglanz.

Lager von Antimonglanz treten bei Uentrop im Revier Arnsberg und bei Nuttlar im Revier Brilon in Schichten der Culmformation auf, von dem ersten Fundort stammen die auf Tafel 22 in Figur 5 und 6 abgebildeten Stücke. Auf Gängen findet er sich bei Wolfsberg im Harz, hier auch in nadeligen, oft gekrümmten Kristallen; bei Goldkronach unfern Berneck im Fichtelgebirge, hier mit gediegen Gold; zu Bräunsdorf bei Freiberg i. S., bei Felsöbanya und anderen Orten in Ungarn, bei Kostainik im westlichen Serbien, mit Zinnober bei San Martino und Pereta in Italien, in der Gegend von Gedis und Uschak im westlichen Anatolien. Die schönen Japaner Kristalle finden sich auf Gängen in kristallinischen Schiefern, wo sie die Wände von Hohlräumen bekleiden, im Bergwerk Ichinokawa in der Ortschaft Ojoinmura bei Saijo, Provinz Iyo auf der Insel Shikoku. In der Weltproduktion von Antimon nimmt Japan die dritte Stelle ein, aber der grösste Teil des Metalls wird im Lande selbst verbraucht.

Antimonglanz dient zur Herstellung von reinem Schwefelwasserstoff und besonders zur Gewinnung von metallischem Antimon.

Sénarmontit, nach dem Physiker Sénarmont benannt, besitzt keinen metallischen Charakter, sondern ist farblos, weiss bis grau, durchsichtig bis durchscheinend, hat in frischen Kristallen lebhaften Glanz, oft aber ist deren Oberfläche matt. Die Kristalle sind reguläre Oktaeder, in Figur 3 der Tafel 22 ist eine Druse mit verhältnismässig grossen Kristallen abgebildet. Wegen der geringen Härte ($H = 2$) sind die Kristalle an den Ecken leicht etwas beschädigt, überhaupt sind sie von Natur oft etwas krummflächig ausgebildet; sie besitzen recht vollkommene Spaltbarkeit nach den Oktaederflächen.

Das Mineral findet sich in körnigen Massen, deren Hohlräume von den Kristallen bekleidet sind, in Lagern zwischen Ton und Kalkstein der Kreideformation bei Sidi-Rgheiss im südwestlichen Teil von Constantine in Algier und ist hier als Antimonerz bergmännisch gewonnen worden.

Sénarmontit ist Antimonoxyd, Sb_2O_3; dieselbe Verbindung kristallisiert auch rhombisch und heisst dann Valentinit oder Antimonblüte, die Verbindung Sb_2O_3 ist demnach dimorph. Valentinit bildet kleine weissliche oder graue, perlmutterglänzende Täfelchen, die meist sehr klein, zu fächer- oder büschelförmigen Gruppen vereinigt sind und mit Antimonglanz zusammen auftreten, aus dem sie entstanden sind. So finden sie sich bei Bräunsdorf, Wolfsberg und Felsöbanya, immer nur in geringer Menge.

Rotspiessglanz ist gleichfalls ein sehr wenig wichtiges Mineral, wir führen es hier auf, weil es in seiner chemischen Zusammensetzung einiges Interesse bietet, seine Formel ist Sb_2S_2O, es kann hiernach als ein Antimonglanz betrachtet werden, in dem ein Atom Schwefel durch Sauerstoff ersetzt ist. Es bildet kleine, zu büscheligen Aggregaten vereinigte, kirschrote Kriställchen (Figur 7 auf Tafel 22), die sehr weich sind und recht lebhaften Glanz besitzen. Es findet sich bei Bräunsdorf i. Sachsen, bei Pribram und an einigen anderen Orten.

Verwendung: Das metallische Antimon wird besonders zu Legierungen mit Blei benutzt, da schon eine geringe Menge Antimon die Härte des Blei wesentlich erhöht (Hartblei). Eine solche Legierung mit 17 bis 20% Antimon bildet das zu Buchdrucker-Lettern angewendete Schriftgiessermetall. Eine Legierung von 10 Teilen Antimon mit 90 Teilen Zinn ist das viel verwendete Britanniametall.

Digitized by Google

Künstlich dargestelltes Schwefelantimon von der Zusammensetzung des Antimonglanzes wird in der Feuerwerkerei benutzt, ein anderes Schwefelantimon Sb_2S_5 findet als »Goldschwefel« in der Medizin Anwendung. Neapelgelb, eine sehr beständige orangegelbe Farbe ist antimonsaures Bleioxyd, Brechweinstein ist ein recht kompliziert zusammengesetztes antimonhaltiges Salz.

Die Hauptproduktionsländer für Antimon sind Oesterreich-Ungarn, Grossbritannien und Japan.

Wismuterze.

Wismut findet sich in der Natur in gediegenem Zustand, in Verbindung mit Schwefel als Wismutglanz, mit Sauerstoff als Wismutocker und ausserdem in einigen seltenen Mineralien, die keine besondere Wichtigkeit haben und die wir hier nur nennen.

Wismutverbindungen:

Wismutglanz Bi_2S_3,	Silberwismutglanz $Ag_2S \cdot Bi_2S_3$,
Tellurwismut $BiTe_3$,	Kupferwismutglanz $Cu_2S \cdot Bi_2S_3$,
Selenwismut Bi_2Se_3,	Bleiwismutglanz $PbS \cdot Bi_2S_3$,
Wismutocker Bi_2O_3,	Kieselwismut $Bi_4Si_3O_{12}$.

Gediegen Wismut ist an seiner rötlich silberweissen Farbe zu erkennen. Kristalle sind recht selten, sie gehören zur rhomboedrischen Hemiedrie des hexagonalen Systems. Ein verhältnismässig gut kristallisiertes Stück ist in Figur 1 auf Tafel 24 abgebildet, die grosse Fläche ist die Basis, die umliegenden schmalen Flächen, welche die dreiseitige Begrenzung bedingen, sind Rhomboederflächen. Schöner sind die aus Schmelzfluss erzielten Kristalle, von denen wir eine Probe in Figur 10 auf Tafel 2 abgebildet haben; es sind würfelähnliche Rhomboeder mit kastenförmig vertieften Flächen, an der Oberfläche blau angelaufen, ein Zeichen, dass das Wismut noch nicht vollkommen chemisch rein ist. Häufiger als Kristalle sind federförmige (Figur 2 auf Tafel 24), blattförmige (Figur 3), gestreifte, gitterförmige Kristallisationen oder kleine, in Gestein eingesprengte Körner, die, solange sie die charakteristische Farbe besitzen, leicht als Wismut zu erkennen sind; oft aber sind sie gelb, braun (Figur 2), oder bunt angelaufen und dann bedarf es zur Bestimmung weiterer Untersuchung. Diese ist nun leicht durchgeführt, Wismut schmilzt sehr leicht, nämlich schon bei 270° und umgibt sich auf Kohle mit einem gelben Beschlag; wenn es aber so fein verteilt ist, dass man es nicht mehr recht sieht, oder mit anderen Elementen verbunden ist, dann kann man es immer noch nachweisen, wenn man die gepulverte Probe mit Schwefel und Jodkalium zusammenreibt und auf der Kohle schmilzt, es bildet sich dann rings um die Probe ein dicker roter Beschlag, der sicherste Beweis, dass Wismut in der Probe enthalten war.

Die Härte von Wismut ist gering, 2—3, es ist mild, aber nicht dehnbar, sein spezifisches Gewicht ist hoch = 9,8.

Wismut gehört zu den wenigen Körpern, die sich beim Schmelzen zusammenziehen, beim Erstarren ausdehnen, es verhält sich also in dieser Beziehung wie Eis und Wasser.

Wismut findet sich auf Gängen in Gesellschaft von Speiskobalt und Kupfernickel, bisweilen auch von Silbererzen, und begleitet von Schwerspat und Quarz. So bei **Schneeberg** in Sachsen, von hier sind die in Figur 2 und 3 abgebildeten Stücke, bei Annaberg und Johanngeorgenstadt; mit Zinnstein zusammen bei Altenberg und Graupen im

Digitized by Google

sächsisch-böhmischen Erzgebirge (das in Figur 1 abgebildete Stück ist von hier), bei Wittichen im Schwarzwald auf Gängen in Granit, mit Kobalt und Nickelerzen auf Gängen bei Bieber bei Gelnhausen. Bei Tazna in Bolivia mit Wismutglanz, bei Oruro in Bolivia, am Mt. Ramsay in Tasmanien und andern Orten.

Wismutglanz, das eigentliche Wismuterz, ist dem Antimonglanz sehr ähnlich, metallisch glänzend, aber lichter als dieser, hellbleigrau bis zinnweiss, meist gelblich angelaufen. Er kristallisiert rhombisch, Kristalle sind aber immer klein und selten. Meist bildet Wismutglanz, wie Antimonglanz, stengelige und radialstrahlige Aggregate, deren einzelne Stengel wieder vollkommene Spaltbarkeit nach einer Richtung, dem Brachypinakoid besitzen. Auch hier ist die Spaltfläche oft quer gestreift.

Wenn es sich darum handelt, Wismutglanz und Antimonglanz zu unterscheiden, so erhitzt man eine Probe am besten mit dem Lötrohr auf Kohle, Wismutglanz gibt hier gelben, Antimonglanz aber weissen Beschlag; noch charakteristischer ist der bei gediegen Wismut erwähnte rote Beschlag, den man hier schon erhält, wenn man das Pulver nur mit Jodkalium zusammenschmilzt, den Schwefel liefert das Mineral selbst. Der Gehalt an Wismut beträgt in reinem Wismutglanz 81,2 %. Die Härte ist gering = 2, das spezifische Gewicht = 6,5.

Wismutglanz geht verhältnismässig leicht in Wismutocker über, das in Figur 4 abgebildete Stück besteht schon zum grössten Teil aus diesem erdigen, gelben Verwitterungsprodukt.

Er findet sich bei Schneeberg in Sachsen, Rézbánya und Moravicza in Ungarn, besonders aber in Bolivia im Bezirk von Tazna und Chorolque. Wismutglanz, an der Oberfläche in Wismutocker übergehend (Tafel 24, 4), wird hier von Schwefelkies, Eisenglanz und Quarz, zum Teil auch von Zinnerzen begleitet, und enthält immer etwas Silber und Gold. Die Wismutherze von hier sind erst seit 30 Jahren bekannt, der Reichtum der Wismutgruben soll sehr gross, die Produktion jeder Vermehrung fähig sein.

Verwendung. Das Wismutmetall wird fast nur aus Wismutglanz gewonnen, wenig aus Wismutocker, noch weniger aus gediegen Wismut. Das ausgeschmolzene Wismut wird von jeder Spur einer Beimischung nach einem nicht weiter bekannten Verfahren in Giessen gereinigt. Ueber die Höhe der Produktion von Wismut habe ich nichts ermitteln können, die Firma in Giessen, die den Wismuthandel in der Hand hat, gibt darüber keine Auskunft.

Wismut bildet leicht mit andern Metallen Legierungen, deren Schmelzpunkt immer weit unter dem des reinen Wismut liegt und oft unter den Siedepunkt des Wassers heruntergeht; so schmilzt das Rosesche Metall, das aus zwei Teilen Wismut und je einem Teil Blei und Zinn besteht, schon bei 94°, eine Legierung von 5 Teilen Wismut, 3 Teilen Blei und 2 Teilen Zinn schon bei 91½°; sie wird zur Herstellung von Clichés benutzt. Durch Zusatz von Cadmium wird der Schmelzpunkt noch weiter herabgesetzt, die Wood'sche Legierung, die schon bei 60½° schmilzt, enthält 50% Wismut, 25% Blei, 12½% Antimon und 12½% Cadmium. Sehr ähnlich ist das Metall von Lippowitz zusammengesetzt. Basisch salpetersaures Wismut wird als weisse Schminke und Arzneimittel verwendet und sehr viel Wismut wird hierzu verbraucht. Glas erreicht durch Zusatz von Wismut starke Lichtbrechung.

Arsenerze.

Arsen ist in den Mineralien ein recht verbreiteter Stoff, es findet sich in gediegenem Zustand und mit Schwefel, Eisen, Kobalt oder Nickel in einfachen Verbindungen, mit Schwefel und einem schweren Metall (Silber, Kupfer oder Blei) in Sulfosalzen, von denen wir die wichtigsten bereits kennen gelernt haben (Rotgültigerz, Fahlerz). Es findet sich ferner als einfache Sauerstoffverbindung in der durch besondere Giftigkeit ausgezeichneten arsenigen Säure, dem Arsenik, und in vielen Sauerstoffsalzen.

Wir führen hier zunächst nur das gediegene Arsen vor und seine beiden Schwefelverbindungen Realgar AsS und Auripigment As_2S_3. Die Mineralien, die Arsen mit Eisen, Nickel oder Kobalt enthalten, sind gleichfalls Arsenerze, und das meiste Arsenik wird sogar aus den Verbindungen mit Eisen, dem Arsenkies FeAsS und Arseneisen $FeAs_2$ gewonnen, wir bringen diese Mineralien aber nicht hier, sondern erst bei den Eisen-, Kobalt- und Nickelerzen, weil sie mit manchen von diesen nahe verwandt sind und die letzteren wenigstens wegen des Kobalt- und Nickelgehaltes wichtiger sind, als wegen des Arsengehaltes.

Die einfache Sauerstoffverbindung As_2O_3, unter dem Namen Arsenik bekannt, ist unter den Mineralien selten, die Sauerstoffsalze sind zum Teil Verwitterungsprodukte der Eisen-, Kobalt- und Nickelverbindungen und werden zum Teil bei diesen genannt werden. In anderen Sauerstoffverbindungen zeigt uns Arsen seine chemische Verwandtschaft mit Phosphor an, z. B. in Mimetesit und Pyromorphit, die wir bei den Bleierzen (Seite 114) kennen gelernt haben; das letztere enthält Phosphorsäure, das andere Arsensäure und beide Mineralien sind in ihrer Formenausbildung sehr ähnlich.

Gediegen Arsen haben wir in Figur 5 der Tafel 24 abgebildet, es bildet feinkörnige Massen mit nierenförmiger Oberfläche und schaliger Absonderung, so dass sich ein Stück oft in mehrere scherbenartige Stücke (darum auch Scherbenkobalt genannt) auseinandernehmen lässt; so gehört auch zu dem hier abgebildeten Stück ein anderes, auf das dieses genau passt, die Rückseite zeigt ebensolche Vertiefungen wie die Vorderseite Erhöhungen, bei starker Krümmung lassen sich tief napfförmige Scherben abheben, wir haben eine flache abgebildet, weil diese Form sich besser zur Wiedergabe eignet als eine stark gewölbte.

An der Oberfläche ist Arsen dunkelgrau bis schwarz und matt, auf frischem Bruch aber metallisch glänzend, licht bleigrau; der Glanz hält sich nicht, es bildet sich nach kurzer Zeit eine dünne matte Oxydationsschicht.

Beim Erhitzen verflüchtet sich Arsen, ohne vorher zu schmelzen, auf Kohle bildet sich rings um die Probe ein dünner weisser Beschlag von Arsenik und besonders charakteristisch für Arsen und Arsenerze ist der knoblauchartige Geruch, den man schon nach kurzem Erhitzen der Probe wahrnimmt. Die Härte liegt etwas über 3, das spezifische Gewicht ist 5,7, das Mineral ist spröd.

Es findet sich wie Wismut auf Erzgängen zusammen mit Silber- oder Kobalterzen, so besonders schön als Scherbenkobalt auf den Silbererzgängen von St. Andreasberg im Harz, oft mit körnigem Bleiglanz verwachsen, mit eingesprengtem Antimonsilber (Tafel 8 Figur 13) begleitet von dunklem Rotgültigerz und Kalkspat. Bei Schneeberg, Johanngeorgenstadt, Marienberg und Freiberg in Sachsen, bei Joachimstal in Böhmen, bei Zmeow in Sibirien, Copiapo in Chile und in der Provinz Echizen in Japan, hier kugelige Gruppen aus vielen kleinen, rhomboedrischen Kristallen zusammengesetzt.

Das reine Arsen, meist aus seinen Erzen künstlich dargestellt, findet in der Schrotfabrikation Verwendung (vergl. bei Blei S. 116).

Auripigment, die nach der Formel As_2S_3 zusammengesetzte Verbindung von Arsen und Schwefel, ist eins von den Mineralien, die schon den Alten bekannt waren, der Name Auripigmentum wird bei Plinius angeführt und, wie sicher nachweisbar, auf dieses Mineral bezogen. »Goldfarbe« bedeutet sein Name und in der Tat ist die intensive zitronengelbe Farbe und der lebhafte Glanz die am stärksten auffallende äussere Eigenschaft. Und wenn diese verdeckt sein sollte, weil das Mineral sehr weich und der Beschädigung leicht ausgesetzt ist, so lässt sich immer wieder frischer Bruch leicht herstellen, denn das Mineral besitzt sehr vollkommene Spaltbarkeit nach einer Richtung, es lassen sich dünne, biegsame, durchsichtige, lebhaft glänzende Blättchen leicht davon abheben. Diese genannten Eigenschaften genügen schon, das Mineral immer wieder zu erkennen; zu seiner Bestimmung könnte noch das Verhalten bei dem Erhitzen dienen, es entzündet sich nicht schwer, wird an den erhitzten Stellen rot und brennt unter Entwicklung von schwefeliger und arseniger Säure. Als durchsichtige Schwefelverbindung führt es auch den Namen gelbe Arsenblende.

Die Kristallform spielt fast gar keine Rolle, die Kristalle sind klein, gerundet, zu Krusten verwachsen, kaum soviel kann man feststellen, dass sie dem rhombischen System angehören und kurz prismatisch sind, am häufigsten sind blättrige (Figur 7 auf Tafel 24) und körnige Massen, zuweilen mit rundlicher, traubenförmiger (Figur 6) Oberfläche, in diesem Fall ist die Oberfläche dunkler, erst im Innern tritt die gelbe Farbe hervor; von manchen werden diese Gebilde für eine Pseudomorphose von Auripigment nach Arsen gehalten und ein Vergleich der beiden nebeneinander stehenden Stücke in Figur 5 und 6 lässt eine gewisse Ähnlichkeit in der Form nicht verkennen, dazu kommt, dass man bei Kapnik in Ungarn alle Stufen des Uebergangs von kugelig-traubigem Arsen in Auripigment beobachtet hat.

Auripigment findet sich, oft von rotem Realgar begleitet (Tafel 24, 7) und bisweilen vielleicht aus diesem entstanden, am Szokolovo-Berge bei Tajowa in Ungarn, in einem grauen sandigen Ton, bei Neu-Moldova (Figur 7), auf Erzgängen bei Felsöbanya (Figur 6) und Kapnik in Ungarn, zu Allchar bei Rozsdan in Makedonien, bei Djulamerk in Kleinasien; hier und da an Vulkanen als Sublimationsprodukt (Vesuv, Guadeloupe auf den Antillen).

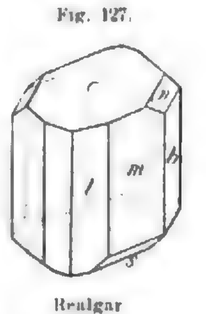
Auripigment wird als Farbe benutzt und in der Technik wohl auch Operment oder Rauschgelb genannt. Meist aber ist dies nicht das natürliche Auripigment, sondern eine Verbindung, die durch Zusammenschmelzen von Schwefel mit arseniger Säure oder Realgar oder durch Destillation einer entsprechenden Menge von Arsenkies und Schwefelkies dargestellt ist und dann eine gelbe, durchsichtige, glasige, als Gelbglas bezeichnete Masse bildet, die oft sehr reich an arseniger Säure und darum sehr giftig ist. Die auf nassem Weg dargestellte Verbindung wird als Königsgelb in der Oelmalerei verwendet.

Realgar. Wie Auripigment durch gelbe, ist Realgar durch rote Farbe ausgezeichnet und wegen dieser Farbe den Alten aufgefallen, es ist die Sandarache der Griechen, schon Aristoteles erwähnt es unter diesem Namen. Es ist ein lichtscheues Mineral, wie man bei den in Schausammlungen aufgestellten Kristallen manchmal zu seiner Überraschung bemerkt; statt der roten schönen Kristalle findet man ein Häufchen gelben Pulvers, das Licht hat das Mineral zerstört. Es ist ursprünglich eine nach der Formel As_2S_2 zusammengesetzte Verbindung von Arsen mit Schwefel; durch die Einwirkung des Lichtes entsteht hieraus gelbes pulveriges Auripigment As_2S_3 und weisses Arsenik As_2O_3; man kann sich hiervon leicht überzeugen, wenn man ein wenig von dem Pulver auf einen Objektträger bringt, einen Tropfen Wasser dazu setzt, erwärmt und abkühlen lässt; unter dem Mikroskop sieht man dann, dass sich aus dem Tropfen farb-

lose reguläre Oktaederchen abscheiden, die aus arseniger Säure bestehen. Hierdurch ist das Pulver stark giftig, während die frischen Kristalle nicht giftig sind. Um sie unversehrt zu erhalten, müssen sie gegen Licht geschützt aufbewahrt werden.

Die immer nur kleinen Kristalle (Figur 8, Tafel 24) sind kurz säulenförmig und gehören dem monoklinen System an, sie sind von mehreren Vertikalprismen (*l* und *m* in Textfigur 127) und dem Klinopinakoid (*b*) begrenzt, auf deren Ende eine grössere Fläche, die Basis (*c*), schief aufgesetzt ist; kleinere Flächen zu beiden Seiten der Basis gehören Klinodomen (*n*) und Pyramiden (*s*) an. Die Kristalle sind durchsichtig, die häufigeren körnigen Aggregate nur durchscheinend; ihre Härte ist 1—2, das spez. Gewicht = 3,6.

Fig. 127.



Realgar

Kleinere Körnchen als Einschluss in andern Gesteinen sind recht verbreitet, gute Kristalle finden sich bei Nagyag in Siebenbürgen (Tafel 24, 8), im zuckerkörnigen Dolomit des Binnentals in der Schweiz, zu Allchar bei Rozsdan in Makedonien, in der Solfatara bei Pozzuoli, derbe körnige Massen oft mit Auripigment zusammen (Figur 7) an den bei diesem genannten Fundorten.

Realgar wird ähnlich wie Auripigment künstlich dargestellt und bildet eine rubinrote, glasige Masse, das Rotglas der Arsenhütten, enthält meist Arsenik und ist darum giftig. Mit Kalisalpeter gemengt und angezündet brennt er unter Verbreitung eines weissen glänzenden Lichtes, wird daher zu Weissfeuer benutzt. Ausserdem findet Realgar in der Kattundruckerei, in der Gerberei zum Enthaaren der Felle für die Handschuhfabrikation, bei der Schrotfabrikation Verwendung.

Ausser zu den bei den einzelnen Mineralien angegebenen Zwecken werden die hier und die später zu nennenden arsenreichen Mineralien (Arsenkies, Arseneisen, Rotnickelkies) zur Darstellung von weissem Arsenik und Arsenpräparaten benutzt (vergl. hierüber bei Arseneisen).

Schwefel.

Der Schwefel ist weder ein Metall, noch ein Erz, er gehörte also nicht in diese Gruppe, wenn wir die Mineralien streng nach ihrer Beschaffenheit oder Zusammensetzung ordnen wollten. Aber hier lassen wir uns von andern Rücksichten leiten und legen auch Gewicht auf die Verwendung, die ein Mineral findet, und da können wir Schwefel hierher setzen, weil er in der Hauptsache ebenso wie die beiden zunächst folgenden metallischen Mineralien verwendet wird.

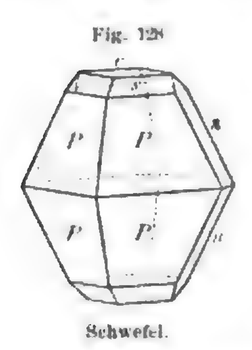
Nicht selten wird Schwefel als Schwefelerz bezeichnet, dies ist insofern nicht ganz richtig, als unter Erz eigentlich nur solche Mineralien verstanden werden, die ein Metall in sich enthalten, es rechtfertigt sich die Bezeichnung aber nach der Art, wie der Schwefel gewonnen wird, indem er aus den Gesteinen, in denen er eingesprengt ist, durch Ausschmelzen frei gemacht wird wie ein Metall aus seinem Erz. Von diesem Gesichtspunkt aus können wir Schwefel und die Mineralien, die wie Schwefel benutzt werden, Schwefelkies und Markasit, als Schwefelerze bezeichnen. Nach seinen chemischen Eigenschaften ist Schwefel ein Metalloid und wird in den Lehrbüchern der Mineralogie in der Regel mit Diamant und Graphit in eine Ordnung vereinigt.

Der natürliche Schwefel bildet schöne, glänzende Kristalle, die dem rhombischen System angehören. Ihre Form wird fast immer beherrscht durch eine Pyramide, deren Spitze durch die Basis abgestumpft ist (Figur 2 auf Tafel 25) und deren Flächen sich an der vorderen Endkante unter einem Winkel von 106° 38′ schneiden, während die Basis

Digitized by Google

mit ihnen einen Winkel von 108° 21′ bildet. Sehr oft sind die Kanten zwischen Basis und Pyramide durch eine stumpfe Pyramide ersetzt (Figur 4 und 5), die mit der Basis einen Winkel von 134° 52′ bildet und das Naumannsche Zeichen $\frac{1}{3}P$ bekommt, wenn die vorherrschende Pyramide als Grundpyramide P angenommen wird. Ebenso häufig werden die schärferen Endkanten der Grundpyramide durch das Brachydoma $P\breve{\infty}$ gerade abgestumpft; an dem Kristall der Figuren 3, 4 und 7 ist diese Fläche an der linken Seite zu sehen, während sie an dem Kristall der Figur 6 gerade auf den Beobachter zugeht, hier auch sehr gross ausgebildet ist. Selten tritt zu diesen Flächen noch das Brachypinakoid wie an dem Kristall der Figur 4. Die Idealgestalt eines Schwefelkristalls sehen wir in der Textfigur 128. P ist die Grundpyramide, s die stumpfere Pyramide $\frac{1}{3}P$, c die Basis und n das Brachydoma $P\breve{\infty}$.

Fig. 128



Schwefel.

Wenn Schwefel ganz rein ist, zeigt er die bekannte schwefelgelbe Farbe, durch geringe Beimischungen wird diese aber leicht verdeckt, so wird die abweichende Färbung der Kristalle 1, 4 und 7 durch Asphalteinschlüsse hervorgerufen, die braune Farbe des derben Schwefels in Figur 11 durch eine bituminöse Beimischung, die nur 0,2% vom Gewicht des Schwefels beträgt. Der erdige Schwefel ist gelblich weiss. Die Kristalle sind durchsichtig bis durchscheinend, ihre Flächen haben oft sehr lebhaften Glanz; für Röntgenstrahlen ist Schwefel undurchlässig. Seine Lichtbrechung ist stark, der Brechungsexponent beträgt 2,0.

Die Bruchflächen von Schwefel sind muschelig und haben Fettglanz, von Wasser wird Schwefel so gut wie gar nicht benetzt und, wie bekannt, auch nicht gelöst. Die Härte ist gering, nur 2, das spezifische Gewicht ist ebenfalls gering, nur 2,07. Wenn man Schwefel in der warmen Hand hält, knistert er und wird rissig, Kristalle sind darum mit Vorsicht anzufassen. Durch Reiben wird er negativ elektrisch erregt. Schwefel brennt mit bläulicher Flamme und verbindet sich mit dem Sauerstoff der Luft zu schwefliger Säure, dem bekannten stechend riechenden Gas, das organische Farbstoffe bleicht, lebende Pflanzen tötet. Darum ist in der Nähe von Hütten, in denen schwefelhaltige Erze geröstet werden und die Gase frei in die Luft entweichen, die Vegetation zerstört (Harz), und es wird mit Recht darauf gehalten, dass die Gase durch hohe Kamine in höhere Schichten der Atmosphäre geleitet werden. Auch Schimmelpilze und andere niedere pflanzliche und tierische Organismen werden durch schweflige Säure vernichtet, darum werden Fässer geschwefelt.

In Schwefelkohlenstoff ist Schwefel leicht löslich; bei Verdunstung des Lösungsmittels scheidet er sich in Kristallen aus, die genau die gleiche Form wie die des natürlichen Schwefels besitzen.

Bei etwa 114° schmilzt Schwefel, oft aber auch erst bei 120°; das liegt daran, dass der rhombische Schwefel bei 96° leicht in eine andere Schwefelart übergeht, die erst bei 120° schmilzt. War nun diese Umwandlung erfolgt, dann erhält man den höheren Schmelzpunkt, war sie nicht erfolgt, den niederen. Lässt man den geschmolzenen Schwefel wieder erstarren, so bilden sich nicht die oktaedrischen Formen, die wir als charakteristisch für Schwefel kennen gelernt haben, sondern nadelförmige und spiessige, dunkel bernsteingelbe Kristalle, die dem monoklinen System angehören, wie eine genauere Untersuchung zeigt.

Schwefel kann also in zwei völlig verschiedenen Arten auftreten, die verschiedene physikalische Eigenschaften, z. B. verschiedene Schmelztemperatur besitzen; auch ihr spezifisches Gewicht ist verschieden, das des rhombischen Schwefels beträgt 2,07, das des monoklinen 1,96. Dies ist von E. Mitscherlich im Jahre 1823 entdeckt worden und die Erscheinung

Digitized by Google

ist Dimorphie — Zwiegestaltigkeit — genannt worden, man nennt sie heute meist Polymorphie — Vielgestaltigkeit —, weil eine Substanz oft in mehr als zwei Arten auftreten kann; Schwefel kann etwa acht durch ihre physikalischen Eigenschaften verschiedene Arten bilden, in der Natur kommt aber immer nur die eine rhombische Art vor, die andern sind unbeständig und gehen allmählich in die rhombische über. Auch der aus Schmelzfluss kristallisierte Schwefel wird nach einiger Zeit fleckig, heller gelbe, trübe Partien entstehen in dem bernsteingelben Schwefel, werden allmählich grösser und in kurzem hat die ganze Masse die Farbe des gewöhnlichen Schwefels angenommen, sie ist in diesen übergegangen, die Kristalle unter Erhaltung der Form; es sind Pseudomorphosen von rhombischem Schwefel nach monoklinem.

Wenn geschmolzener Schwefel stärker erhitzt wird, so wird er allmählich dunkler gelb und zähflüssig; giesst man ihn in diesem Stadium in Wasser, so wird er zu einer knetbaren zähen Masse, bekannt als amorpher Schwefel. Nach längerer Zeit wird auch dieser spröd und gelb, er ist dann in rhombischen Schwefel übergegangen.

Schon bei gewöhnlicher Temperatur verdampft Schwefel, wenn auch in unwägbarer Menge; ein blankes Silberstück, das neben Schwefel liegt, wird durch seinen Dampf geschwärzt, indem sich Schwefelsilber bildet. Mit steigender Temperatur nimmt die Verdampfung zu, bis bei 450° die Siedetemperatur erreicht ist, bei der sich Schwefel in einen braunroten Dampf verwandelt. Bei der Abkühlung verdichtet sich der Dampf zu feinem, mehlartigem Pulver, den sogenannten »Schwefelblumen«; natürlich muss die Luft hierbei abgeschlossen sein, weil der Schwefel sonst verbrennen würde.

In der Natur bildet sich Schwefel an Vulkanen durch Wechselzersetzung schwefelhaltiger Dämpfe; aus Schwefelquellen, indem die schwefelhaltigen Stoffe durch den Sauerstoff der Luft zerlegt werden und Schwefel in erdiger Form abgeschieden wird; er heisst dann Mehlschwefel und bildet Stalaktiten oder Sinter auf der Unterlage (Figur 12 auf Tafel 26). Kleine Schwefelkriställchen bilden sich bei der Verwitterung von Bleiglanz; der Schwefel, der die mächtigen Lager bildet, ist vielleicht aus schwefelsauren Verbindungen, wie Gips, durch weitläufige Zersetzung hervorgegangen, oder ein Absatz aus schwefelhaltigen Thermalquellen. Dass er sich aus Lösungen abgeschieden hat, geht mit aller Sicherheit daraus hervor, dass seine Kristalle manchmal an den Enden von Tropfsteinen aus Kalkspat sitzen (Figur 5 auf Tafel 19). Erwähnenswert ist, dass freier Schwefel in dem Körper von manchen Algen beobachtet ist.

Das Vorkommen von Schwefel in der Erde geht aus dem Gesagten schon hervor, geringe Mengen finden sich an Vulkanen, in Braunkohlen und Steinkohlen, an Schwefelquellen, in Erzgängen; die Hauptmasse ist an Gips und Kalkstein gebunden (Figur 10, Tafel 26), tritt in Schichtgesteinen der Tertiärformation auf und ist da begleitet von Cölestin (Tafel 78, 3), Aragonit, Kalkspat und einigen anderen Mineralien.

In Europa befinden sich die grössten Schwefellager auf Sizilien in der Gegend von Caltanisetta, Roccalmuto (auch Racalmuto geschrieben) und Girgenti; der derbe Schwefel tritt in Kalk, Mergel, Gips und Ton eingelagert, die schönen Kristalle (Tafel 26, Figur 2, 5, 6, 8, 9) auf Spalten auf, welche die Schichten quer durchsetzen, und in unregelmässigen Höhlungen. Ebenfalls sehr schön ausgebildete, oft von Asphalt überzogene Kristalle kommen aus der Romagna (Figur 1) und aus den Gruben von Perticara (Figur 3, 4, 7). Sublimierter Schwefel wird in der Solfatara bei Pozzuoli, am Aetna und im Krater der Insel Volcano gebildet.

Aehnlich wie auf Sizilien tritt Schwefel in Spanien in der Nähe von Conil bei Cadiz auf, auch hier in tertiärem Kalkstein und Mergel und begleitet von Gips, Kalkspat und Cölestin. In Teruel (Aragonien) tritt Schwefel als Versteinerungsmittel von Schnecken auf, unzählige Gehäuse von Planorbis und Paludina sind von Schwefel erfüllt.

Nur ganz spärlich findet sich Schwefel in Deutschland, so in Gips bei Weenzen südöstlich von Lauenstein in Hannover (Figur 10) und in kleinen Kriställchen auf Bleierzgängen im Siegenschen (Seite 110), hier und da auch in Braunkohle.

Knollen von hellbraunem dichtem Schwefel (Figur 11) finden sich in einem tertiären Mergelschiefer bei Radoboj in Kroatien, erdiger und derber Schwefel bildet Lagen in Kaukasien im Trussotal westlich von der grusinischen Heerstrasse und im östlichen Daghestan.

Als Absatz von heissen Quellen hat sich erdiger Schwefel auf Island gebildet (Figur 12) und bildet sich so an den Geysirs des Napa Valley in Sonoma City in Kalifornien und an Solfataren des Yellowstone Park, hier auch in schönen Kristallen. Grössere Lager von Schwefel sind in den Staaten Utah und Louisiana bekannt.

Gewinnung und Verwendung. Auf Sizilien wird der Schwefel in vielen Gruben (720 Gruben im Jahre 1898) bergmännisch gewonnen und durch Ausschmelzen von dem Ganggestein befreit, als Feuerungsmaterial dient hierbei wieder Schwefel, da er dort billiger als Kohle ist. Wenn erforderlich, wird der so gereinigte Schwefel (Rohschwefel) destilliert (Schwefelblumen) oder der destillierte in Stangen gegossen (Stangenschwefel). In den letzten Jahren ist die Schwefelproduktion Siziliens stetig gestiegen; der Export im Jahre 1900 betrug 557 668 t; von dem importierten Schwefel nehmen die Vereinigten Staaten die grösste Menge (162 000 t) auf, wo er immer mehr in der Cellulose- (Zellstoff-) und Papierindustrie Verwendung findet.

Schwefel dient zur Herstellung von Zündhölzern, zur Fabrikation von Schiesspulver und Feuerwerksgegenständen, zum vulkanisieren des Gummi und bei der Fabrikation von Ultramarin; die aus ihm dargestellte schweflige Säure (z. T. auch Ueberschwefelsäure) dient zum desinfizieren und bleichen und spielt in der Zellstoffindustrie eine grosse Rolle. Schwefelblüthe wird im Weinbau zur Vertilgung des Oidiumpilzes benutzt. Bei weitem der meiste Schwefel aber wird zur Herstellung von Schwefelsäure benutzt, einem der wichtigsten Reagentien nicht nur im chemischen Laboratorium, sondern vor allem in der chemischen Industrie. Der grösste Teil des hierzu nötigen Schwefels wird jetzt aus dem gleich zu besprechenden Schwefelkies, aus Zinkblende und anderen Schwefelverbindungen gewonnen.

Schwefelkiesgruppe.

Die Mineralien, die wir auf den beiden nächsten Tafeln (26 und 27) vorführen (Schwefelkies, Markasit, Arsenkies, Arseneisen und Magnetkies) enthalten Eisen und sind hierdurch mit den Mineralien der nächstfolgenden Tafeln verbunden, sie enthalten aber ausserdem Schwefel oder Arsen oder beide Elemente und stehen hierdurch zu den Mineralien der beiden vorhergehenden Tafeln in näherer Beziehung, für uns um so mehr, als sie hauptsächlich wegen dieser Stoffe gewonnen werden, so dass sie als Schwefelerze und Arsenerze bezeichnet werden können.

Schwefelkies hat dieselbe chemische Zusammensetzung wie Markasit, die Form beider Mineralien ist aber verschieden, ihre Substanz FeS_2 ist dimorph, regulär im Schwefelkies und rhombisch im Markasit. Mit Markasit ist Arsenkies und Arseneisen nahe verwandt, im ersteren ist ein Atom Schwefel durch Arsen ersetzt, im andern beide Atome, und sie kristallisieren rhombisch wie Markasit.

Das letzte Mineral dieser beiden Tafeln, der Magnetkies, enthält als Beimischung oft Nickel und stellt hierdurch die Verbindung zwischen den später zu betrachtenden Kobalt- und Nickelerzen her, die zum Teil regulär wie Schwefelkies, zum Teil rhombisch

wie Markasit kristallisieren und auch chemisch mit diesen verwandt sind. Wir geben hier eine Uebersicht über die ganze Gruppe und bemerken dazu, dass von den regulären Mineralien manche wie Schwefelkies und Kobaltglanz ausgesprochen der pyritoedrischen Hemiedrie angehören, während andere, wie Speiskobalt, nach ihrer Formenausbildung vollflächig erscheinen.

Regulär:	Rhombisch:
Schwefelkies FeS_2,	Markasit FeS_2,
Hauerit MnS_2,	Arseneisen $FeAs_2$,
Nickelglanz NiAsS,	Arsenkies FeAsS,
Kobaltglanz CoAsS,	Glaukodot CoAsS,
Speiskobalt $CoAs_2$,	Safflorit $CoAs_2$,
Chloanthit $NiAs_2$.	Weissnickelkies $NiAs_2$.

Die Verwandtschaft dieser Verbindungen zeigt sich auch darin, dass die eine sich mit der andern mischt, so dass manche von diesen Mineralien nie rein auftreten. Speiskobalt enthält immer Nickel und Eisen, Chloanthit immer Kobalt und Eisen.

Die Kobalt- und Nickelerze, mit Ausnahme des seltenen Safflorit, und Weissnickelkies werden wir auf den Tafeln 35 und 36 vorführen, hier haben wir zuerst die eisenhaltigen Mineralien zu betrachten, um auf sie die eigentlichen Eisenerze folgen zu lassen.

Schwefelkies ist das Muster eines »Kieses«, einer metallisch glänzenden lichten Schwefelverbindung, der Name besagt eigentlich zweimal, dass das Mineral Schwefel enthalte; präziser, aber nicht so eingebürgert ist der Name Eisenkies, oft wird das Mineral auch einfach Kies genannt, besonders von den Bergleuten. Daneben heisst es auch Pyrit und Feuerstein, weil es am Stahl Funken gibt und darum an den alten Feuerschlössern benutzt wurde.

Schwefelkies enthält Eisen und Schwefel in dem Verhältnis 1:2, seine Formel ist FeS_2; ihr entspricht ein Gehalt von 53,37% Schwefel. Wegen des hohen Schwefelgehaltes entzündet er sich in der Hitze und brennt mit bläulicher Flamme wie Schwefel; durch Rösten unter Abschluss der Luft kann die Hälfte des Schwefels ausgetrieben werden, der dann als freier Schwefel sich absetzt; bei Zutritt von Luft bildet sich schweflige Säure und durch genügend starkes und langes Erwärmen kann aller Schwefel in diese übergeführt werden, während sich das Eisen mit Sauerstoff zu rotem Eisenoxyd verbindet oder nach Zusatz von Kieselsäure in Eisensilikat übergeht. Von diesem Verhalten macht man Gebrauch, um aus Schwefelkies Schwefelsäure darzustellen.

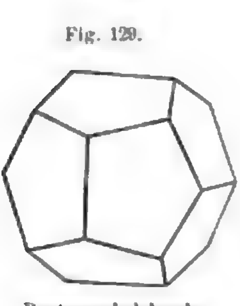
Sehr oft enthält Schwefelkies Spuren von Gold, das bei der Verwitterung, wie wir gesehen haben (S. 69), frei wird. Anderer Schwefelkies enthält Spuren von Thallium, das bei der Verarbeitung desselben zu Schwefelsäure im Flugstaub sich ansammelt; auch Silber, Kupfer, Mangan, Kobalt, Nickel und Arsen kommen in Spuren im Schwefelkies vor, grössere Mengen von Beimischungen treten in ihm nicht auf.

Ausgezeichnet sind die Kristalle von Schwefelkies durch die fast immer ausgeprägte Hemiedrie, die nach ihm, dem Pyrit, als die pyritoedrische bezeichnet wird. Der Würfel ist fast immer auf seinen Flächen parallel zu je einer Kante gestreift, so wie Figur 1 auf Tafel 26 es zeigt, bisweilen freilich sind seine Flächen auch glatt (Figur 3); man kann die Streifung auffassen als eine vielfach wiederholte (oscillierende), aber nicht recht zur Ausbildung gekommene Kombination mit einem Pentagondodekaeder. Auch das Oktaeder, Figur 2, lässt manchmal an der schrägen Streifung seiner Flächen erkennen, dass es zur pyritoedrischen Hemiedrie gehört, aber auch die Oktaederflächen können glatt sein (Figur 1 auf Tafel 2), und der in Figur 3 abgebildeten Kombination von Oktaeder mit

Digitized by Google

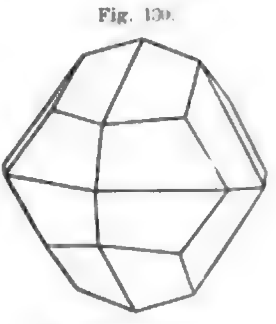
Würfel kann man nicht ansehen, dass Schwefelkies hemiedrisch ist. Die am meisten charakteristische Form für Schwefelkies ist das Pentagondodekaeder (Textfigur 129), das an den Kristallen der Figur 5 und 6 ausgebildet ist, an letzterem mit kleinen Oktaederflächen; seine Flächen sind glatt, drusig oder gestreift, bald senkrecht zu der einen Kante der Fünfecke (Fig. 5), bald parallel zu dieser (Fig. 7). Viel seltener ist das Dyakisdodekaeder (Textfigur 130);

Fig. 129.



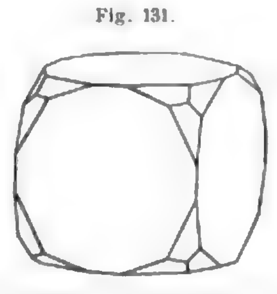
Pentagondodekaeder.

Fig. 130.



Dyakisdodekaeder.

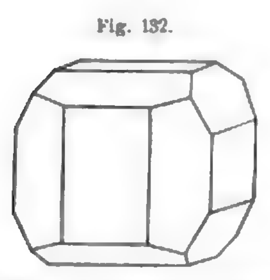
Fig. 131.



Würfel mit Dyakisdodekaeder.

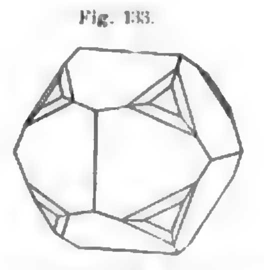
ganz für sich, ohne irgend eine andere Fläche kommt es kaum vor, meist tritt mit kleinen Flächen noch das Oktaeder auf, so auch in dem ausgezeichneten Kristall der Figur 4; häufiger sind Dyakisdodekaeder untergeordnet in Kombinationen vorhanden, so an dem Kristall der Abbildung 7, der von dem Pentagondodekaeder $\frac{\infty O 2}{2}$ und dem Dyakisdodekaeder $\frac{3 O \frac{3}{2}}{2}$ begrenzt ist. Zu diesen Flächen tritt an den Kristallen der Abbildung 9 noch das Oktaeder, während die Flächen des Dyakisdodekaeders ganz schmal geworden sind

Fig. 132.



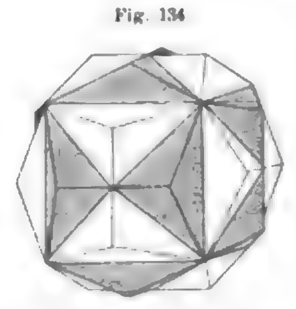
Würfel mit Pentagondodekaeder.

Fig. 133.



Pentagondodekaeder mit Oktaeder und Dyakisdodekaeder

Fig. 134



Zwilling von Schwefelkies.

(wie Textfigur 133). Der Kristall der Abbildung 10 ist vorherrschend von dem Würfel begrenzt, die schief liegenden Flächen an den Ecken (Textfigur 131) gehören wieder dem Dyakisdodekaeder $\frac{3 O 3/2}{2}$ an, die Kanten sind durch das Pentagondodekaeder $\frac{\infty O 2}{2}$ schief abgestumpft. Eine Kombination nur von Würfel und Pentagondodekaeder (Textfigur 132) zeigt der in Eisenhydroxyd umgewandelte Kristall der Figur 8. Die wichtigsten Kombinationen haben wir damit kennen gelernt.

Zwillinge von Schwefelkies sind fast immer derart ausgebildet, dass zwei Pentagondodekaeder sich rechtwinklig durchkreuzen (Figur 11 und Textfigur 134), die Achsen sind in beiden Individuen parallel und das eine erscheint gegen das andere um 90° gedreht; sind die Kanten, welche sich rechtwinklig durchkreuzen, von den Würfelflächen abgestumpft, so bilden diese ein Kreuz und die Kristalle heissen darum auch Zwillinge des eisernen Kreuzes, Figur 12 zeigt einen solchen, in Eisenhydroxyd umgewandelt.

Digitized by Google

Besondere Wachstumsformen sind bei Schwefelkies nicht gerade häufig, wir haben solche auf Tafel 2 in Figur 2 bis 4 kennen gelernt, hier sei noch eine der radialstrahligen Scheiben, die erst in den letzten Jahren bekannt geworden sind, vorgeführt (Tafel 26, 15); sie kommen in einem schwarzen Kalk eingebettet bei Sparta in Illinois vor. Nicht selten sind viele kleine oder grössere Kristalle zu unregelmässigen Knollen oder kugelförmigen Aggregaten verwachsen.

Die Farbe von Schwefelkies ist speisgelb, d. h. metallisch gelb mit einem Stich ins graue, sein Pulver oder Strich aber ist grünlich- oder bräunlichschwarz. Die braungelbe oder rote Farbe der Kristalle (z. B. 8, 12 und 14 auf Tafel 26, 7 und 8 auf Tafel 3) rührt immer von einer Umwandlung in Eisenhydroxyd oder Eisenoxyd her; Schwefelkies geht nämlich verhältnismässig leicht in diese Verbindungen über, ohne dass seine Form zerstört würde; das Eisenhydroxyd hat bald die Zusammensetzung von Brauneisenstein $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$, bald die von Goethit $Fe_2O_3 \cdot H_2O$. Häufiger noch verwittert Schwefelkies zu Eisenvitriol und Schwefelsäure, wobei seine Form völlig zerstört wird. Bei diesem Prozess verbinden sich seine Bestandteile mit dem Sauerstoff der Luft, es ist eine Art Verbrennung, mit der, wenn sie stürmisch verläuft, eine erhebliche Temperatursteigerung verbunden ist, sodass durch die Verwitterung von Schwefelkies schon Braunkohlen- und Steinkohlenlager in Brand geraten sind, in denen der Kies staubartig fein enthalten war. Das Eisenvitriol, das sich bei der Verwitterung bildet, ist in Wasser leicht löslich, wird weiter oxydiert oder fällt als Eisenocker aus, während sich die Schwefelsäure mit andern Stoffen im Boden zu schwefelsauren Salzen, Gips, Glaubersalz, Alaun und andern verbindet. Aus kohlensauren Verbindungen wie Kalkspat treibt sie hierbei die Kohlensäure aus, die nun im Wasser fortgeführt wird und ihrerseits wieder auf andere Mineralien einwirkt. So gibt die Verwitterung des einen Minerals Anlass zu einer ganzen Reihe von chemischen Umsetzungen in der Erde, durch die neue Mineralien gebildet und andere zerstört werden.

Die Härte von Schwefelkies ist gleich 6, am Stahl gibt er Funken, indem ein Teil seines Schwefels verbrennt, darum konnte er an den Feuerschlössern der Flinten zum Zünden des Pulvers benutzt werden. Sein spezifisches Gewicht ist 5.

Schwefelkies ist in der Natur ausserordentlich verbreitet, schon Henckel bezeichnet ihn in seiner Kieshistorie als Hans in allen Gassen. Fast in jedem Eruptivgestein kommt er gelegentlich vor, häufig ist er in den Sedimenten, besonders in Ton und Tonschiefer, in Kohle und Kalk; auch als Versteinerungsmittel von Goniatiten, Orthoceratiten und andern Mollusken ist er bekannt. Häufig ist er auf Erzgängen und besonders massenhaft tritt er in Lagern auf, die Sedimentgesteinen eingeschaltet sind. Sicher ist er aus wässerigen Lösungen abgeschieden, wahrscheinlich ist er durch Reduktion aus Eisenvitriol entstanden. Von seinen vielen Fundorten nennen wir hier nur einige, an denen besonders schöne Kristalle vorkommen oder an denen Schwefelkies in grosser Masse auftritt.

Einfache Pentagondodekaeder und Zwillinge des eisernen Kreuzes, frisch oder in Goethit umgewandelt, finden sich im Keupermergel von Vlotho bei Pr. Minden (Figur 12 und 13, Tafel 26), oktaedrische Wachstumsformen und nahezu kopfgrosse Knollen, oft mit Markasit durchwachsen, im tertiären Ton und in Braunkohle bei Grossalmerode am Meissner (Figur 2 und 3, Tafel 2), zierliche Wachstumsformen auf Schieferton bei Münsterappel unfern Kreuznach (Figur 4 auf Tafel 2).

Fundorte besonders grosser und schöner Kristalle sind Brosso und Traversella im Kreise Ivrea in Piemont und Rio auf Elba. Die Schwefelkiesgruben von Brosso, deren Ausbeutung bis in die römische Zeit zurückreicht, bauen linsenförmige, 4 bis 40 m mächtige, an Kalkstein reiche Lager in Glimmerschiefer ab, wobei bei einer Tagesleistung von 1000 Tonnen 400 bis 500 Arbeiter beschäftigt werden; Begleitmineralien sind Quarz, Dolomit, Eisenglanz und viele Schwefelverbindungen. Die Kristalle 6 und 7 der Tafel 3

stammen von hier. Bei Traversella herrscht im Kontakt mit Diorit auf dem Lager Magneteisen vor (das Magneteisen auf Tafel 29a, Figur 1, ist von hier) und die schönen Schwefelkieskristalle werden in dem Erz und in den Gangarten angetroffen; die Kristalle der Abbildungen 2, 3, 4, 5, 10 der Tafel 26 stammen von hier. Auf Elba tritt Schwefelkies auf der Eisenerzgrube Rio beim Dorfe Rio Marina an der Ostküste auf, als Begleiter von Eisenglanz, die Abbildungen in 6, 7, 9, 11 und 14 auf Tafel 26, führen einige schöne Kristalle von dort vor.

Mächtige Lager von dichtem Schwefelkies sind die Erzlager des Rammelsberg bei Goslar, wo dieses Erz mit Kupferkies, Zinkblende, Bleiglanz und Schwerspat gemengt vorkommt (vergl. bei Kupferkies S. 95), die Lager von Meggen in Westfalen, die in den letzten dreissig Jahren reichlich zwei Drittel der Gesamtmenge des in Deutschland geförderten Schwefelkieses geliefert haben. Besonders ausgedehnt und mächtig sind die Lager von Rio Tinto und andere in der spanischen Provinz Huelva. Der Kies ist hier ungewöhnlich rein, mit nur wenig Quarz und Silikaten gemengt und durch einen Gehalt von Kupferkies zugleich ein wichtiges Kupfererz, der Gehalt an Kupfer schwankt zwischen nur 2,6 und 3,02% und doch produzierten die Gruben und Hütten im Jahre 1898 54000 Tonnen Kupfer, in den achtziger Jahren haben die Kiesgruben im Huelvarevier zwischen 1/5 und 1/4 der Kupferproduktion der ganzen Welt geliefert, sind aber seitdem durch die Kupferproduktion der Vereinigten Staaten zurückgedrängt. Im Jahre 1900 förderten die Gruben von Rio Tinto 1894500 Tonnen Schwefelkies, der Durchschnittskupfergehalt betrug 2,744%; von dem geförderten Erz wurden 1189701 Tonnen in Spanien verhüttet und 21120 Tonnen Kupfer daraus dargestellt, das übrige Erz wurde nach Deutschland, England und Amerika exportiert. Auch nach dem kupferärmsten Kies besteht grosse Nachfrage, da er zur Fabrikation von Schwefelsäure in immer steigendem Masse gebraucht wird.

Aehnlich tritt Schwefelkies im Sulitelmafeld in Norwegen auf; er bildet hier mit Kupferkies, Magnetkies und andern Sulfiden sehr feinkörnige Gemenge, die meist wenig über 2% Kupfer enthalten, dennoch wurden aus diesem Erz im Jahre 1880: 890 Tonnen, im Jahre 1890: 466 Tonnen Kupfer gewonnen und 60000 Tonnen Kies exportiert. Ein anderes wichtiges Kies- und Kupferlager (Schwefelkies mit Kupferkies) befindet sich bei Röros, Amt Söndre Trondhjem. Der Gesamtkiesexport Norwegens beträgt über 100000 Tonnen und die Hauptmasse enthält 44—45% Schwefel, 1/4 bis gegen 5% Kupfer und so gut wie kein Arsen, ein grosser Vorteil dieses Kieses.

Unter unseren Abbildungen sind noch folgende Fundorte vertreten:

Tavistock in Devonshire (Figur 1, Tafel 26 und wahrscheinlich auch Figur 8 auf Tafel 3), Beresowsk im Ural (Figur 9 auf Tafel 3), wo Schwefelkies auf den Goldgängen vorkommt, die French Creek Mines in Pennsylvanien (Figur 1 auf Tafel 2), Pelican Point, Utah Lake (Figur 8 auf Tafel 26) und Mine de Charbon, Sparta in Illinois (Figur 15, Tafel 26).

Verwendung: Schwefelkies ist neben Schwefel das wichtigste Material zur Darstellung von Schwefelsäure und immer grössere Mengen werden hierzu benutzt; er wird in besonders konstruierten Oefen unter Luftzutritt erhitzt und verbrennt dann ohne weitere Wärmezufuhr zu Eisenoxyd, das für sich als Farbe oder Erz weiter benutzt wird, während die sich bildende schweflige Säure in Schwefelsäure übergeführt wird; sie ist, im Gegensatz zu der aus Schwefel dargestellten, meist arsenhaltig.

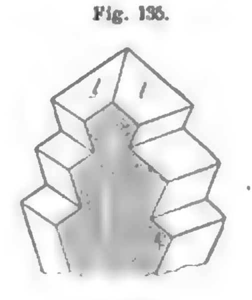
Früher wurde Schwefelkies, der vermöge seiner hohen Härte gute Politur annimmt, zu Schmucksachen verarbeitet, die in Frankreich viel getragen wurden; polierte Tafeln von Schwefelkies hat man in den Gräbern der Inkas in Peru gefunden, sie sind Inkasteine genannt worden und haben vielleicht als Spiegel gedient; auch neuerdings findet man

geschliffenen Schwefelkies wieder öfters im Handel, meist in Form einer flachen Rosette geschliffen.

Markasit ist genau ebenso wie Schwefelkies zusammengesetzt, kristallisiert aber rhombisch, die Verbindung FeS_2 ist also dimorph. Während die Kristalle von Schwefelkies oft schön und gross sind, sind die von Markasit meist klein und immer zu Zwillingen verwachsen, die je nach der Art der Verwachsung verschieden aussehen und zu verschiedenen Namen des Minerals Veranlassung gegeben haben. Häufig sind speerförmige und darum als Speerkies bezeichnete Kristalle, wir haben auf Tafel 27 in Figur 1 und 2 zwei solche abgebildet, sie sind immer aus mehreren einfachen Kristallen aufgebaut. Ein einfacher Kristall, der aber nur sehr selten vorkommt, hätte sehr nahe die gleiche Form wie Arsenkies (Textfigur 136) ein flaches, in der Richtung der kurzen Achse stark gestreiftes Brachydoma (*r*) herrscht vor, das Vertikalprisma (*M*) mit einem spitzen Winkel von 75° tritt stark zurück oder fehlt ganz. An dem Speerkies der Abbildung 1 auf Tafel 27 sind nun zunächst zwei solcher Kristalle miteinander verwachsen; die Mittellinie, an der die verschieden gerichteten Streifen zusammenstossen, ist die Grenze der beiden Individuen; die Streifung bezeichnet in jedem die Richtung der kurzen Achse (der Brachydiagonale), die Zwillingsebene ist eine Fläche des Vertikalprismas. Die einspringenden Winkel links und rechts sind eine Folge von Parallelverwachsung, in dem unteren Teil wiederholt sich die Zwillingsbildung nach der andern Prismenfläche, die Grenze verläuft wieder da, wo die Streifen ihre Richtung ändern.

Einen ähnlichen Bau besitzt der in grauem Kreidemergel eingewachsene Speerkies der Figur 2, nur wiederholt sich hier die Zwillingsbildung an jedem einspringenden Winkel, sodass sich jeder der herausragenden Speerköpfe in Zwillingsstellung zu den benachbarten befindet; dass dem so ist, sehen wir wieder daran, dass die Streifung in jedem einspringenden Winkel ihre Richtung ändert. Die Textfigur 135 zeigt diese Verwachsung in idealer Ausbildung, an den natürlichen Kristallen sind auch noch nach anderer Richtung kleine Kristalle angewachsen. Bisweilen sind sogar Kriställchen von Schwefelkies mit Markasit regelmässig verwachsen, so dass an demselben Stück beide Arten dieser Verbindung vorhanden sind. Dies zeigt der Speerkies in Figur 1 auf Tafel 27, wo die kleinen rechteckig begrenzten Kristalle am untern Ende Schwefelkies angehören.

Fig. 135.



Speerkies.

Andere Kristalle erinnern in ihrer Form durch viele einspringende Winkel an einen Hahnenkamm und heissen darum Kammkies, eine Gruppe von solchen ist in Figur 3 auf Tafel 27 abgebildet. Die Form kommt meist dadurch zustande, dass kurzprismatische Kristalle, deren Form wieder der des Arsenkieses (Figur 136) ähnlich ist, miteinander parallel oder nahezu parallel verwachsen sind; die der Figur 3 wenden das Vertikalprisma mit dem spitzen Winkel von 75°, dessen Flächen die einspringenden Winkel bilden, nach aussen und sind oben von einem flachen, gewölbten Doma begrenzt. Meist sind die einzelnen Kristalle des Kammkies viel kleiner, als in dem hier abgebildeten Stück.

Ein kugeliges Aggregat von Markasit ist in Figur 4 auf Tafel 27 abgebildet, derartige Gebilde sind im Innern meist strahlig, faserig oder dicht. Wenn wie hier, die Kristallform fehlt, ist die Unterscheidung von Schwefelkies nicht leicht, die Farbe ist auch speisgelb, vielleicht ein wenig mehr grünlichgrau und durch Anlauffarben (Figur 3) öfters verdeckt, das spezifische Gewicht ist 4,8, also geringer als das von Schwefelkies, die Härte ist bei beiden gleich 6. Beim Erhitzen verhält sich Markasit wie Schwefelkies, auch im chemischen Verhalten ist nicht so leicht ein Unterschied zu finden. Ein solcher besteht vielleicht darin, dass Markasit leichter verwittert und Vitriol bildet; diese Tatsache könnte

Digitized by Google

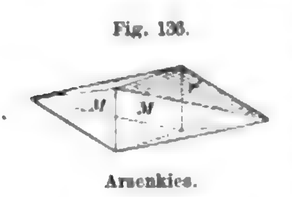
auch so erklärt werden, dass Markasit durch die kräftige Streifung und die vielen einspringenden Winkel den Atmosphärilien eine viel grössere Oberfläche bietet, als der in geschlossener Form auftretende kompakte Schwefelkies.

Markasit ist im ganzen seltener wie Schwefelkies, aber doch recht verbreitet, besonders auf Erzgängen, in Ton und Kohle und als Versteinerungsmittel. Er findet sich unter anderem auf den Erzgängen von Claustal im Harz, Freiberg in Sachsen, den Zinkerzlagern von Oberschlesien, in den Braunkohlentonen von Littmitz in Böhmen (Tafel 27 Figur 1), in grauem Kreidemergel bei Folkestone in England (Tafel 27, 2), überhaupt recht verbreitet in den Kreideablagerungen von England und Frankreich, auf Erzgängen und in Sedimenten in den Vereinigten Staaten (Figur 3, 4).

Markasit wird, wenn er in abbauwürdigen Mengen vorkommt, gewonnen und wie Schwefelkies auf Schwefelsäure verarbeitet, auch Eisenvitriol wird aus ihm dargestellt.

Arsenkies, Mispickel oder Arsenopyrit kristallisiert in rhombischen Formen, die von einem meist kurzen Vertikalprisma und einem flachen Brachydoma begrenzt sind, das nach der kurzen Achse stark gestreift ist (Textfigur 136). Figur 7 der Tafel 27 zeigt uns einen solchen Kristall ziemlich von oben gesehen. Die Flächen des Vertikalprismas bilden einen Winkel von etwa 112°, die des Brachydoma einen Winkel von 147°, es bekommt das Naumannsche Zeichen $\frac{1}{4}\breve{P}\infty$, das Vertikalprisma ∞P. Die grösseren Kristalle der Abbildung Figur 5 und 6 zeigen dieselben Flächen und wenden bald die Prismen-, bald die Domenflächen nach aussen. An andern Kristallen sind die Prismenflächen langgestreckt, auch andere Flächen treten noch hinzu, aber die genannten sind immer die wichtigsten.

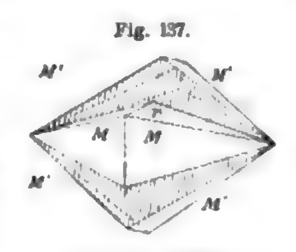
Fig. 136.



Arsenkies.

Sehr häufig sind Durchkreuzungszwillinge zweier Kristalle, meist so ausgebildet, dass durch einen grösseren ein kleiner hindurchgewachsen ist und beide eine Makrodomenfläche $\bar{P}\infty$ gemeinsam haben (Textfigur 137). Auch Zwillinge nach Art des Markasit kommen vor, in Figur 8 auf Tafel 27 ist ein solcher abgebildet, die obere Hälfte ist analog dem Speerkies in Figur 1, der rechte Teil des Speeres ist nach links unten, der linke nach rechts unten fortgesetzt, und die miteinander verwachsenen Kristalle haben, wie bei Markasit, eine Fläche des Vertikalprismas als Zwillingsebene gemeinsam, es sind Durchkreuzungszwillinge nach dieser Prismenfläche.

Fig. 137.



Arsenkies, Zwilling.

Die Kristalle sitzen oft dicht gedrängt auf ihrer Unterlage auf, auch stengelige und körnige Aggregate kommen vor. Sie sind metallisch glänzend, zinnweiss, an der Oberfläche aber meist schwach angelaufen. Die Härte ist nahezu 6, das spezifische Gewicht 6,1.

Wie in der Form, zeigt sich auch in der chemischen Zusammensetzung eine gewisse Verwandtschaft mit Markasit, die Zusammensetzung lässt sich durch die Formel FeSAs ausdrücken, das eine Schwefelatom in FeS_2 ist durch ein Atom Arsen ersetzt, der Arsengehalt beträgt 46%; wegen des hohen Arsengehaltes heisst das Mineral auch Giftkies. Beim Erhitzen auf der Kohle schmilzt Arsenkies zu einer magnetischen Kugel, das Arsen macht sich hierbei durch starken knoblauchartigen Geruch bemerkbar. Als Beimengung tritt in ihm Silber, Gold, Kobalt, Nickel etc. auf. Ein silberreicher Arsenkies ist das Weisserz oder Weissgültigerz von der Neuen Hoffnung Gottes bei Bräunsdorf in Sachsen.

Arsenkies findet sich hauptsächlich auf Erzgängen in Gneiss zusammen mit schwarzer Zinkblende (Tafel 27, Figur 5 und 6), Bleiglanz, Silbererzen, oder auch zusammen mit Zinnstein. Der Hauptfundort ist Freiberg in Sachsen, wo Arsenkies auf Gängen und

Digitized by Google

in Gneiss eingesprengt in grosser Menge sich findet; von der Grube Morgenstern dürfte der Kristall der Figur 7 sein, von der Mordgrube sind die grossen Kristalle der Figur 5 und wahrscheinlich auch der Figur 6. Andere Fundorte sind Munzig bei Meissen, Marienberg, Ehrenfriedersdorf in Sachsen, Reichenstein in Schlesien (hier mit Arseneisen in Serpentin), Binnental in der Schweiz; auf der Zinnerzlagerstätte von La Villeder in Morbihan, Frankreich, St. Just in Cornwall. Der Durchkreuzungszwilling in Figur 8 stammt von der Delorogrube in Ontario, Kanada, wo sie in einem Quarzitgestein eingewachsen vorkommen.

Arsenkies wird, wie das folgende Mineral, hauptsächlich zur Darstellung von weissem Arsenik, der arsenigen Säure und anderen Arsenpräparaten benutzt; aus dem Weisserz wird Silber, aus anderem Arsenkies auch Gold gewonnen.

Arseneisen (Löllingit, Arsenikalkies) enthält Arsen und Eisen, Schwefel ist nur in geringen Mengen beigemischt; der Arsengehalt beträgt durchschnittlich etwa 67%, der Schwefelgehalt 2%, die Zusammensetzung des schwefelfreien Arseneisens wird durch die Formel $FeAs_2$ ausgedrückt, beide Schwefelatome des Markasit sind durch Arsen ersetzt. Manche Vorkommnisse enthalten etwas Kobalt, Nickel, Kupfer, Silber oder Gold. Kristalle sind selten, sie sind rhombisch und in ihrer Form der des Markasit ähnlich, meist sind sie dünnprismatisch, nadelig und ohne Endflächen in Serpentin eingewachsen (Figur 9 auf Tafel 27), noch häufiger bildet das Mineral körnige und stengelige Aggregate, deren Farbe silberweiss bis stahlgrau ist.

Vom Ansehen lässt sich derbes Arseneisen nicht gut von ebensolchem Arsenkies unterscheiden, ein Merkmal ist das spezifische Gewicht, das bei Arseneisen 7,4 erreicht, also beträchtlich höher ist, als das von Arsenkies (6,1). Vor dem Lötrohr auf Kohle schmilzt Arseneisen nur sehr schwer, gibt kräftig Arsengeruch, das Korn ist nicht magnetisch; die Schwefelreaktionen sind immer nur schwach.

Arseneisen findet sich mit Serpentin bei Reichenstein in Schlesien und bildet hier ein ausserordentlich mächtiges Lager, von dem man annimmt, dass es eine magmatische Ausscheidung sei; nicht aus wässeriger Lösung sei das Erz abgesetzt, sondern aus Schmelzfluss ausgeschieden. Aehnlich ist das Vorkommen des Arseneisens mit Blende und Granat zu Breitenbrunn in Sachsen; ferner findet sich Arseneisen auf dem Eisenspatlager des Erzbergs bei Lölling in Kärnten, im Anniviertal im Wallis etc.

Verwendung. Arseneisen wird mit Arsenkies zur Darstellung von arseniger Säure und Arsenpräparaten benutzt, das grösste Arsenwerk der Erde befindet sich bei Reichenstein in Schlesien, wo das Hüttenwerk »Reicher Trost« seit 1699 besteht. Es produziert jährlich etwa 15000 Tonnen Arseneisen, woraus arsenige Säure, Schwefelarsen (Seite 130 und 131), Arsen etc. dargestellt und 50—60 kg Gold gewonnen werden (vergl. Seite 72).

Magnetkies. Dieses Mineral enthält dieselben wesentlichen Bestandteile wie Schwefelkies und Markasit, aber nicht in dem Verhältnis 1:2, sondern 1:1, so dass seine einfachste Formel FeS ist; in der Regel enthält es etwas mehr Schwefel, als dieser einfachsten Formel entspricht. Von den Beimischungen ist Nickel am wichtigsten, indem hierdurch das Mineral eins der wichtigsten Nickelerze ist, die meisten Vorkommnisse sind jedoch nickelfrei und immer gehört Nickel nicht zum Wesen der Verbindung, darum haben wir dem Mineral hier, und nicht bei den Nickelerzen seinen Platz gegeben. Der Nickelgehalt beträgt bei norwegischem Erz etwa 3%, bei kanadischem Erz bis zu 5%.

Die Kristalle sind hexagonal und tafelig nach der Basis (Figur 10 auf Tafel 27), gewöhnlich finden sich nur derbe, körnige und schalige Massen (Figur 11) für die ihre Farbe charakteristisch ist, auf frischem Bruch sind sie bronzegelb, an der Oberfläche aber immer tombackbraun angelaufen (Tomback ist eine Kupferlegierung, siehe Seite 105).

Der Name Magnetkies deutet darauf hin, dass dies Mineral magnetisch ist, kleine Stückchen werden wie weiches Eisen vom Magneten angezogen, grössere Stücke sind polar magnetisch oder werden es, wie Stahl, wenn sie mit einem Magneten gestrichen werden. Die Härte ist 3—4, das spezifische Gewicht 4,6.

In Salzsäure unter Entwickelung von Schwefelwasserstoff und Abscheidung von etwas Schwefel löslich, beim Erhitzen an der Luft entwickelt sich die stechend riechende schweflige Säure.

Durch besondere Umwandlung geht Magnetkies in Schwefelkies oder Markasit über, wie uns Pseudomorphosen von diesen Mineralien nach Magnetkies beweisen; durch Verwitterung bildet er Eisenvitriol.

Magnetkies findet sich in Eruptivgesteinen, Gabbro und Basalt, und ist aus diesen, wahrscheinlich solange sie feurig-flüssig waren, ausgeschieden worden; auch für grössere, an Granit gebundene Lager wird angenommen, dass sie auf die gleiche Weise entstanden seien. Ausserdem findet er sich bisweilen in Marmor eingewachsen und auf Erzgängen.

In Deutschland befindet sich das grösste Magnetkieslager am Silberberg bei Bodenmais im bayerischen Wald (Tafel 27, 11). Der Erzkörper besteht hier in wechselnder Zusammensetzung aus Magnetkies, Schwefelkies, Kupferkies, Zinkblende und Bleiglanz, und tritt in linsenförmigen Stöcken als konkordante Einlagerung im Gneiss am Kontakt mit Granit auf. Tafelige, zu rosettenförmigen Gruppen vereinigte Kristalle finden sich zu Loben bei St. Leonhardt in Kärnten (Tafel 27, 10), sehr ähnliche, aber in Schwefelkies, Markasit oder Arsenkies umgewandelte Kristalle sind auf den Erzgängen bei Freiberg i. S. gefunden worden. Aehnlich wie bei Bodenmais treten Magnetkieslager im Sulitelma-Feld im nördlichen und bei Röros im mittleren Norwegen auf, kleine Kristalle mit gediegen Silber finden sich bei Kongsberg. Sehr ausgedehnte und mächtige Lager von nickelhaltigem Magnetkies treten auf der Nordostseite des Huron See in Kanada auf, die wichtigsten Nickel-Magnetkieslagerstätten der ganzen Erde; auch sie treten in Verbindung mit einem basischen Eruptivgestein auf und man nimmt an, dass sie aus diesem, solange es noch feurig-flüssig war, ausgeschieden seien.

Magnetkies wird zu Schwefelsäuredarstellung benutzt, der nickelhaltige ist eins der wichtigsten Nickelerze.

Mit Magnetkies ist nach den neueren Untersuchungen das in Meteoriten vorkommende Schwefeleisen, der Troilit, identisch; im frischen Zustand ist er bronzegelb, läuft stahlblau oder tombackbraun an; die grösseren Körner fallen leicht heraus, oder sie zersetzen sich, wodurch das umgebende Eisen leicht rostet. Die Lücken in dem auf Tafel 32 abgebildeten Meteoreisen waren ursprünglich von Troilit ausgefüllt.

Eisenerze.

Die Eisenverbindungen, welche als Erze zur Gewinnung des Eisens dienen, sind Sauerstoffverbindungen und enthalten ausser Eisen entweder nur Sauerstoff, oder Sauerstoff und Wasser, oder Kohlensäure.

Als Eisenerze sind zu berücksichtigen:

Eisenglanz und Roteisenstein Fe_2O_3, Goethit $Fe_2O_3 \cdot H_2O$,
Magneteisen $FeO \cdot Fe_2O_3$, Brauneisenstein $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$.
Eisenspat $FeCO_3$, mit Toneisenstein und Kohleneisenstein.

Vielfach sind diese Mineralien mit anderen gemengt, sodass sie schon mehr den Charakter von Gesteinen annehmen, was ja auch schon im Namen »Stein« in Rot- und Brauneisenstein zum Ausdruck kommt; als Beimengung tritt besonders Ton, Quarz, Kohle und phosphorsaures Eisen auf, wir werden bei den einzelnen Arten hierauf zurückkommen. Eins der wichtigsten Eisenerze, die Minette, ist überhaupt kein Mineral, sondern ein Gestein, ein eisenreiches Gemenge von wasserhaltigem Eisenoxyd, Kalk, Phosphorsäure, Kieselsäure etc., in seinem Aussehen einem Bohnerz (Figur 6 auf Tafel 30) vergleichbar, mit dem Unterschied, dass seine Kügelchen höchstens die Grösse eines Hirsekorns erreichen. Die Minette ist den Schichten der Juraformation eingelagert und hat ihre Hauptverbreitung in Lothringen, Luxemburg und dem anstossenden Gebiet von Frankreich; der gesamte Erzvorrat in diesem Gebiet wird auf 3435 Millionen Tonnen geschätzt und das meiste in Deutschland und Frankreich produzierte Eisen wird aus Minette gewonnen.

Ein anderes, meist oolithisches Eisenerz ist der Chamosit, der dem Silur Böhmens und des Thüringer Waldes eingelagert und für Böhmen ein recht wichtiges Eisenerz ist. Da auch er mehr den Charakter eines Gesteins hat, kommen wir nicht weiter auf ihn zurück.

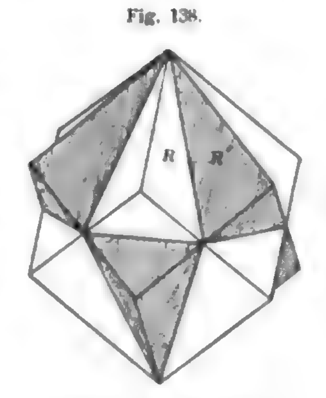
Ausser den genannten Mineralien ist noch Titaneisen und Chromeisenstein reich an Eisen, wir werden ersteres aber nicht hier, sondern bei den Titanverbindungen vorführen, das letztere findet hier seinen Platz, wenn auch nur im Text, zur Abbildung eignet es sich wenig.

In Verbindung mit Kieselsäure ist Eisen als Bestandteil vieler Mineralien weit verbreitet, aber diese Mineralien spielen als Eisenerze keine Rolle, wohl aber sind sie wichtig als gesteinsbildende Mineralien und wir werden sie bei diesen kennen lernen.

Eisenglanz. In der Regel werden als Glanz nur solche Mineralien bezeichnet, die Schwefel enthalten, dabei metallisch glänzend und dunkel sind, der Eisenglanz ist frei von Schwefel, besitzt aber die äusseren Eigenschaften eines Glanzes und diese rechtfertigen immerhin seinen Namen. Der lebhafte Metallglanz und die schwarze Farbe ist nur den Kristallen und deutlich kristallinischen Massen dieses Minerals eigen, der Name Eisenglanz daher auf diese beschränkt. Die faserigen, dichten und erdigen Massen besitzen nur wenig Glanz und haben rote Farbe, sie werden als Roteisenstein bezeichnet.

Die Kristalle von Eisenglanz (Tafel 28) gehören der rhomboedrischen Abteilung des hexagonalen Systems an und ihre Gestalt ist bald rhomboedrisch, bald tafelig durch das Vorherrschen der Basis. Ein besonders grosses Rhomboeder ist in Figur 1 auf Tafel 28 abgebildet, Eisenglanz von Achmatowsk im Ural, die Flächen sind nach der langen Diagonale stark gestreift, der Winkel von einer Fläche zur andern beträgt 86°, an dem unteren Ende bemerkt man eine Fläche des nächsten stumpfen Rhomboeders. An dem oberen Ende ragt aus der Fläche des Hauptkristalls die Ecke eines kleinen Kristalls heraus, der sich gegen den Hauptkristall in Zwillingsstellung befindet; beide haben die Basis gemein und der eine erscheint gegen den andern um 180° gedreht, er wendet seine Ecke dahin, wo die Fläche des andern liegt; die Textfigur 138 zeigt diese Verwachsung von zwei gleich grossen Kristallen in idealer Gestalt. Die Kristalle von Dognacska im Banat (Figur 2) zeigen gleichfalls das Rhomboeder, und seine Flächen sind ebenso nach der langen Diagonale gestreift, dazu tritt an dem Ende eine kleine dreieckige Basis. Kristalle von Elba, in Figur 3 und 4 abgebildet, sind von demselben Rhomboeder begrenzt, das hier aber glatte Flächen hat, dazu tritt eine Pyramide der zweiten Stellung $\frac{4}{3} P 2$ und als Endbegrenzung

Fig. 138.

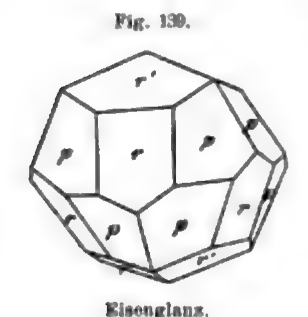


Zwilling von Eisenglanz.

Digitized by Google

ein flaches Rhomboeder, wie in Figur 3b und Textfigur 139 zu sehen, meist aber eine krumme Fläche, wie in Figur 4. Kristalle, die durch das Vorherrschen der Basis tafelige Gestalt haben, finden sich in den Alpen, der Kristall in Figur 5 ist so gestellt, dass man auf seine Basis sieht, die glänzenden Flächen am Rande gehören wieder dem Rhomboeder an. Durch nicht vollkommen parallele Verwachsung vieler tafeliger Kriställchen entstehen die schönen Kristallgruppen, die unter dem Namen Eisenrosen bekannt sind; in Figur 7 ist eine solche vom St. Gotthard, in Figur 8 eine ganz ebensolche von Ouro Preto in Brasilien abgebildet. Sie enthalten in der Regel, wie überhaupt der alpine Eisenglanz, neben Eisenoxyd grössere oder geringere Mengen von Titansäure, oft als Rutil mechanisch beigemengt, oft aber auch in chemischer Beimischung.

Fig. 139.

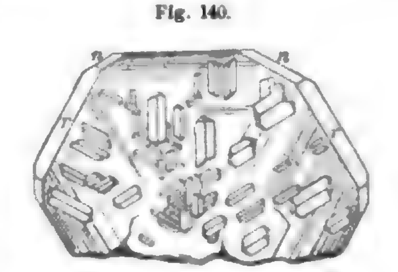


Eisenglanz.

Sehr zierliche Kriställchen von Eisenglanz finden sich manchmal an Vulkanen und sind hier aus heissen Dämpfen durch Sublimation entstanden, allerdings nicht direkt, denn Eisenglanz kann bei der Temperatur der erstarrenden Lava, in deren Hohlräumen er auftritt, nicht verdampfen, sondern indirekt, indem Eisenchlorid und heisser Wasserdampf sich zu Eisenglanz und Salzsäuredampf umgesetzt haben. Dünne Täfelchen von solchem sublimierten Eisenglanz, von Madeira stammend, sind in Figur 6 abgebildet, sie kommen ganz ebenso auch am Vesuv vor.

Mit dem alpinen Eisenglanz sind manchmal Kriställchen von quadratischem Rutil regelmässig verwachsen, derart, dass sie auf der Basis liegen und mit ihrer Säulenkante senkrecht zu den Randkanten der Basis gerichtet sind, so dass sie bei voller Ausbildung nach drei Richtungen orientiert wären, wie die Textfigur 140 zeigt; bei dem in Figur 9 abgebildeten Kristall sind die rötlichen Ruptilprismen nur nach einer Richtung angeordnet, überhaupt ist oft eine der drei Richtungen bevorzugt, wir haben diesen Kristall zur Abbildung gewählt, weil die Rutilprismen genügend gross sind, meist sind sie viel kleiner. Diese regelmässige Verwachsung ist recht auffallend, denn beide Mineralien können nicht als verwandt gelten, weder nach ihrer chemischen Zusammensetzung, Rutil ist Titansäure TiO_2, noch nach ihrer Form, Rutil kristallisiert quadratisch, und doch hat der Eisenglanz auf den Rutil eine Wirkung ausgeübt, die zu der regelmässigen Verwachsung geführt hat. Auch mit Magneteisen kommt Eisenglanz in regelmässiger Verwachsung vor, so, dass eine Oktaederfläche des Magneteisens mit der Basis von Eisenglanz in eine Ebene fällt, an dem Kristall der Figur 12 auf Tafel 19 ist dies zu erkennen (links oben). Dieser alpine Eisenglanz zeigt bisweilen eine besondere Art von Umwandlung, indem seine Form erhalten bleibt, seine Substanz aber mehr und mehr von Rutil verdrängt wird (Figur 11 und 12 auf Tafel 19) und auch hierbei lagern sich die feinen Rutilprismen regelmässig an, wie bei der vorher beschriebenen Verwachsung, so dass der Kristall zuletzt aus einem dichten Netzwerk von Rutilkristallen besteht, deren Anordnung nach drei Richtungen man an dem Schimmer erkennt. Es ist nicht immer leicht zu entscheiden, ob ein solches Gebilde ein Umwandlungsprodukt aus Eisenglanz oder eine ursprüngliche Verwachsung ist.

Fig. 140.



Rutil mit Eisenglanz regelmässig verwachsen, nach G. Tschermak.

Eisenglanz verliert seine schwarze oder stahlgraue Farbe, wenn er fein gepulvert wird, die Farbe des Pulvers und des Strichs ist bräunlichrot; weil die Farbe des Pulvers an Blut erinnert, wird das Mineral auch Blutstein oder Haematit (griechisch) genannt. In sehr dünnen Lamellen wird er mit dunkelroter Farbe durchsichtig, manche rote,

Digitized by Google

glitzernde Mineralien (Sonnenstein, Carnallit) verdanken Farbe und Glanz mikroskopisch kleinen und dünnen Kriställchen von Eisenglanz.

Durch Erhitzen wird Eisenglanz magnetisch, in unverändertem natürlichem Zustand ist er nur schwach oder gar nicht magnetisch. Säuren lösen ihn langsam auf. Die Härte liegt bei 6; das spezifische Gewicht ist = 5,3. In reinem Zustand enthält er 70 % Eisen.

Ausser in Kristallen kommt Eisenglanz in deutlich kristallinischen, körnigen, blätterigen und schuppigen Massen (Eisenglimmer) vor, die, sobald sie genügend mächtig sind, als Erz gewonnen werden und wohl auch den Namen Glanzeisenerz führen. Der Verwitterung ist er im ganzen nicht so sehr unterworfen, er geht hierbei unter Aufnahme von Wasser in Brauneisenstein über.

Kristalle von Eisenglanz finden sich auf Lagern von körnigem und blätterigem Eisenglanz an der Ostküste der Insel Elba; die Eisenerze sind hier schon im Altertum abgebaut worden und zur Zeit werden jährlich 200 000 Tonnen gewonnen, von hier stammen die Kristalle 3 und 4 unserer Tafel 28. Aehnlich findet sich Eisenglanz bei Traversella in Piemont, in Schweden und anderen Ländern. Der grosse Eisenreichtum Schwedens (jährliche Produktion über zwei Millionen Tonnen Erz) beruht zum Teil auf den mächtigen Lagern von Eisenglanz, hauptsächlich aber auf solchen von Magneteisen. Kleine, dünntafelige Kristalle sind auf den Roteisensteinlagern in Nassau recht verbreitet.

Eine andere Art des Vorkommens ist das auf Spalten in Silikatgesteinen. In den Schweizer Alpen sind die Eisenglanzkristalle von Bergkristall, Rutil, Adular und manchen anderen Mineralien begleitet und meist nach der Basis tafelig, wir haben in Figur 5, 7 und 9 alpinen Eisenglanz abgebildet. Rhomboedrische Kristalle treten auf Zinnerzlagerstätten bei Altenberg in Sachsen (wie die in Figur 2 ausgebildet), bei Dognacska im Banat (Figur 2), Achmatowsk im Ural (Figur 1) und an andern Orten auf.

Vulkanischer Eisenglanz auf Lava findet sich bei Bertrich in der Eifel, am **Vesuv**, auf **Madeira** (Tafel 28, 6) und andern Orten.

Roteisenstein bildet, wenn er kristallinisch ist, nierenförmige Aggregate, die im Innern radialfaserig sind und als roter Glaskopf bezeichnet werden. Figur 10 auf Tafel 28 zeigt die Oberfläche eines solchen, Figur 12 das Innere, hier besonders feinfaserig; oft vereinigt sich mit der radialfaserigen Struktur eine konzentrisch-schalige, in Figur 11 ist ein Bruchstück aus einem solchen Aggregat abgebildet. Die Hauptmassen des Roteisensteins sind dicht und mehr oder weniger stark durch Quarz, Ton (roter Toneisenstein, Rötel) und Kalk verunreinigt; durch Quarz wird die Härte vermehrt, durch Ton verringert, meist ist sie so gering, dass das Erz stark abfärbt, die rote Farbe, die Eisenglanz erst im Pulver zeigt, besitzt Roteisenstein in allen Varietäten; in den Gegenden, in denen Roteisenstein gewonnen wird, sind die Wege ebenso rot wie die Anzüge der Arbeiter, so rot wie das Erz.

Roteisenstein tritt besonders in Lagern auf, die Sedimentgesteinen eingeschaltet sind und ist hier bisweilen an Stelle von Kalkstein getreten; der Prozess, den wir bei den Pseudomorphosen von Roteisenstein nach Kalkspat geschildert haben (Seite 46), spielt sich in der Erdkruste manchmal im grossen ab (Nassau, Westfalen, Harz); Kalkstein wird von Roteisenstein verdrängt und das Eisen, das in Lösung herbeigeführt wurde, stammt aus den umgebenden Gesteinen oder aus unbekannter Tiefe. In anderen Fällen mag Roteisenstein aus Lösungen direkt niedergefallen oder aus dem gewöhnlichen Absatz von Eisenquellen, dem wasserhaltigen Eisenoxyd, hervorgegangen sein.

Da, wo Roteisenstein in der Nähe von Eruptivgesteinen sich befindet, ist er nicht selten durch die Hitzewirkung in Magneteisen umgewandelt, so in der Dillenburger Gegend; er muss dann älter sein, als das Eruptivgestein (Diabas), das ihn verändert hat.

Abbauwürdige, dem Devon eingeschaltete Lager von Roteisenstein treten in Deutschland im Gebiet der Lahn und Dill, und im Harz bei Elbingerode auf. Sehr mächtige, der Kreideformation angehörige Lager mit erdigem und dichtem Roteisenstein, gemischt mit Brauneisenstein und Eisenspat werden bei Bilbao an der Bai von Biskaya in Spanien abgebaut, die jährliche Produktion beträgt an fünf Millionen Tonnen; ein gleiches Erz wird in Nordafrika gewonnen. Sehr reich an Eisenerz ist Brasilien, die Lager werden aber nur wenig ausgebeutet, weil die Verhüttung im Lande sich wegen des Mangels an Kohlen nicht lohnt, der Export aber zu kostspielig ist.

Verwendung von Eisenglanz und Roteisenstein. In erster Linie steht natürlich die Verwendung als Eisenerz. Ausserdem wird kompakter Eisenglanz und sehr feinfaseriger Roteisenstein recht häufig geschliffen und besonders graviert als Ringstein, Nadelstein und dergleichen getragen; wegen der blutroten Farbe seines Pulvers, die auf dem nassen Schleifstein besonders grell ist, führt er den Namen Blutstein. Er nimmt recht gute Politur an und scheint dann metallisch schwarz zu sein. Die faserigen Steine werden senkrecht zur Faserrichtung geschliffen, die kompakten in beliebiger Richtung. Cylindergemmen von Blutstein hat man in den Ruinen von Babylon und Troja gefunden, in der spätrömischen Kaiserzeit wurden die zauberkräftigen Abraxasgemmen aus dem magisch besonders wirksamen Blutstein geschnitten. (Siehe Einleitung zu den Edelsteinen).

Der Blutstein, der in Oberstein und Idar geschliffen wird, ist feinfaserig und kommt aus Cornwall, der kompakte soll aus Ostindien kommen.

Gepulverter Blutstein dient als rote Farbe; aus Rötel werden Rotstifte hergestellt.

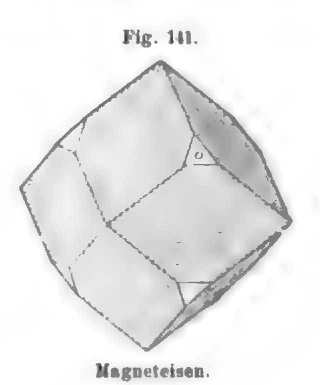
Magneteisen oder Magnetit. Dies Mineral ist ausgezeichnet durch den kräftigen Magnetismus, den besonders derbe, nicht mehr ganz frische Stücke besitzen und der sich darin äussert, dass kleine Eisenteile angezogen und festgehalten werden (Tafel 28a). Die Steine haben früher, geeignet gefasst, die stärksten Magnete geliefert, jetzt werden sie hierzu kaum noch benutzt, da man durch den elektrischen Strom viel stärkere und handlichere Magnete herstellen kann.

Auch die natürlichen Magnete besitzen ihre magnetischen Eigenschaften wahrscheinlich nicht von ihrer Entstehung an, sondern haben sie erst nachträglich dadurch angenommen, dass sie von Blitzschlägen getroffen wurden, damit würde stimmen, dass die an exponierten Stellen auftretenden Magneteisensteine magnetisch sind, die rings von Gestein umhüllten Kristalle aber nicht. Diese verhalten sich vielmehr wie weiches Eisen und werden von den Magneten angezogen. Bei höherer Temperatur (575°) verliert Magneteisen seinen Magnetismus, um ihn bei niederer Temperatur wieder anzunehmen.

Die Kristalle gehören dem regulären System an, die Formen, in denen sie auftreten, führen uns die Tafeln 29 und 29a vor. Figur 1 auf Tafel 29 zeigt uns ein eingewachsenes Oktaeder in Chloritschiefer, Figur 2 auf Tafel 29a aufgewachsene Oktaeder, ein ebensolches ist in Figur 5 der Tafel 29 abgebildet, ihre Form ist sehr scharf, die Kanten sind aber gerieft. Oft ist das Oktaeder verzerrt, Figur 3 zeigt uns ein solches, das aussieht, als ob es eine Kombination von Tetraeder und Gegentetraeder wäre, das der Figur 4 ist nach einer Kante langgestreckt und sieht aus wie ein rhombisches Prisma mit Brachydoma, alle Kantenwinkel sind aber gleich (109° 28′) und beweisen, dass die Form die des regulären Oktaeders ist. Mit dem Oktaeder ist bisweilen das Rhombendodekaeder kombiniert und stumpft die Kanten ab (Figur 1 auf Tafel 29a und Figur 2 und 6 auf Tafel 29), sehr selten tritt hierzu noch der Würfel wie am Kristall 7. Andere Kristalle sind von dem Rhombendodekaeder allein (Figur 8), oder von diesem und kleinen Oktaederflächen (Textfigur 141) begrenzt, die Flächen des Rhombendodekaeders sind dann meist in der Richtung der langen Diagonale gestreift, wie die Textfigur 141 es zeigt. Figur 9 der Tafel 29 zeigt uns einen Zwilling nach einer Oktaederfläche, sie kommen

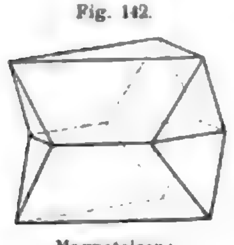
besonders bei den in Chloritschiefer eingewachsenen Oktaedern vor. Weil solche Zwillinge bei dem mit Magneteisen verwandten Spinell häufig sind, werden sie Spinellzwillinge genannt, Textfigur 142 zeigt einen solchen in idealer Ausbildung. Auch zierliche Wachstumsformen sind bei Magneteisen zu beobachten, aber nur bei solchem, das in Gestein eingewachsen vorkommt und erst in einem Dünnschliff unter dem Mikroskop; Figur 1 auf Tafel 59 führt uns solche Wachstumsformen in neunzigmaliger Vergrösserung vor, es sind nach den Achsen aneinandergereihte kleinste Oktaederchen, die Aestchen durchkreuzen sich unter 90°, wie bei dem in Fig. 7 der Tafel 6 abgebildeten Silber; was dieses für das blosse Auge sichtbar zeigt, ist hier in mikroskopischer Feinheit ausgebildet.

Fig. 141.



Magneteisen.

Fig. 142.



Magneteisen: „Spinellzwilling".

Magneteisen ist undurchsichtig, schwarz, besitzt zuweilen lebhaften Metallglanz wie die Kristalle der Stufe 2 auf Tafel 29a, oft aber ist es matt, wie die Kristalle 1, 3 und 4 auf Tafel 29. Die schwarze Farbe bleibt auch im Pulver erhalten, der Strich ist schwarz. Die Härte ist 6, das spezifische Gewicht liegt bei 5.

Reines Magneteisen enthält 72,4% Eisen, seine Zusammensetzung wird durch die Formel $FeO \cdot Fe_2O_3$ ausgedrückt; der Boraxperle erteilt es eine grüngelbe, in der Hitze gelbe Färbung. Es enthält bisweilen Titan, Chrom, Mangan, Magnesia und andere Stoffe beigemischt. Nach seiner Form und Zusammensetzung gehört Magneteisen zur Spinellgruppe (siehe Spinell). Durch Verwitterung geht Magneteisen in Braun- und Roteisenstein über; in Roteisenstein umgewandelte Kristalle haben einen besonderen Namen (Martit) bekommen, weil man zuerst nicht erkannt hatte, dass es Pseudomorphosen seien. Durch Glühen wird Magneteisen nicht verändert, es ist hitzebeständig und die andern Eisenerze gehen durch Glühen in Magneteisen über.

Ausser in aufgewachsenen und eingewachsenen Kristallen findet es sich in körnigen und derben Massen oft von grosser Ausdehnung und Mächtigkeit und das Vorkommen in der Erde ist je nach der Entstehung sehr verschieden. Allgemein verbreitet ist Magneteisen als Gemengteil von Eruptivgesteinen (Tafel 59, 1), von Lava und vulkanischer Asche; aus letzterer kann man es mit einem magnetischen Messer leicht herausziehen, in den Gesteinen ist es fein verteilt und bedingt deren dunkle Farbe wie in Basalt; manchmal hat es sich aus Eruptivgesteinen in grösseren Massen ausgeschieden und bildet abbauwürdige Lager, echte Magnetberge. Hierher gehören die reichen Lagerstätten Wyssokaya Gora bei Nischne Tagilsk, der Goroblagodat bei Kuschwa im Ural, der Kirunavara und Luossavara und andere in der schwedischen Landschaft Norrbotten, der Taberg bei Jönköping in Småland, Schweden. Der Eisenreichtum von Russland und Schweden beruht hauptsächlich auf Magneteisen. Das grösste Eisenerzlager Skandinaviens ist die im nördlichen Schweden liegende Lagerstätte Kirunavara-Luossavara, wo man pro Meter vertikale Abteufung rund $1^3/_4$ Millionen Tonnen Erz erhalten kann und der Erzvorrat des Lagers wird auf 750 Millionen Tonnen geschätzt, dabei enthält das Erz durchschnittlich 63% Eisen nebst etwa 2% Phosphor! Um diese Lagerstätte nutzbar zu machen, ist kürzlich von Schweden und Norwegen die Ofotbahn gebaut worden zu der norwegischen Hafenstadt Narwik an dem Ofot-Fjord.

Andere Magneteisenlager sind aus Spateisenstein, Rot- oder Brauneisenstein dadurch entstanden, dass diese durch die Hitzewirkung von Eruptivgesteinen ganz oder teilweise in Magneteisen umgewandelt sind. So ist im Siegerland ein gangförmig auf-

Digitized by Google

tretender Spateisenstein durch Basalt in erdiges, mulmiges Magneteisen, bei Dillenburg Roteisenstein durch Diabas in hartes Magneteisen umgewandelt. Mit diesen kleinen Vorkommnissen mögen der Entstehung nach die grossen Magneteisenlager des Gellivara im schwedischen Lappland verwandt sein, vielleicht auch die berühmten reichen Lager von Dannemora bei Upsala und die den kristallinischen Schiefern eingeschalteten Lager von Grängesberg in Schweden. Durch ihren Reichtum an schön kristallisierten Silikaten (Vesuvian, Epidot, Augit, Skapolith, Granat und andern) sind die Lager von Arendal im südlichen Norwegen allgemein bekannt geworden; ihm hierin ähnlich, nur ärmer ist das Magneteisenlager von Schmiedeberg im Riesengebirge, das von Dognacska im Banat, von Traversella in Piemont, das wir bereits bei Schwefelkies erwähnt haben; auf Hohlräumen des Erzlagers finden sich die in Figur 1 auf Tafel 29a und 6 auf Tafel 29 abgebildeten Kristalle. Fundorte schöner Kristalle sind die Tiroler Alpen (Kristall der Figur 1 und 9 von Pfitschtal), wo Magneteisen in Chloritschiefer eingewachsen vorkommt, Binnental im Wallis (Figur 2, Tafel 29a und Figur 5, Tafel 29), Sturatal, nordwestlich von Turin (Figur 7), Nordmark in Wermland, Schweden (Figur 8). Die der Figuren 2, 3 und 4 stammen von Mineville (2, 4) und Moriah (3), Essex Co. im Staate New York.

Magneteisen ist eines der wichtigsten Eisenerze, geeignete Stücke finden als natürliche Magnete Verwendung.

Chromeisenstein. Mit körnigem Magneteisen hat Chromeisenstein viel Aehnlichkeit, er unterscheidet sich von ihm durch seine mehr bräunlichschwarze Farbe, braunen Strich, dem mehr nach Fettglanz neigenden Glanz, vor allem aber durch die Färbung, die er der Boraxperle erteilt; in der Hitze ist diese gelb wie von Eisen, erkaltet aber gras- oder smaragdgrün. Diese Färbung wird von Chrom erzeugt, das wesentlicher Bestandteil von Chromeisenstein ist; er enthält im reinsten Zustand 68% Chromoxyd neben 32% Eisenoxydul, seine Formel ist $FeO \cdot Cr_2O_3$; in der Regel enthält er Magnesia und Eisenoxyd beigemischt und der Gehalt an Chromoxyd wird hierdurch heruntergedrückt. Von Säuren wird er so gut wie gar nicht angegriffen. Seine Härte ist $5^1/_2$, sein spezifisches Gewicht 4,8. Die seltenen Kristalle sind regulär, wie die von Magneteisen und Spinell, mit denen er nahe verwandt ist.

Chromeisenstein kommt in körnigen Massen vor und ist ursprünglich Gemengteil von olivinhaltigen Eruptivgesteinen, aus denen er bei der Erstarrung des Gesteins, ähnlich wie manches Magneteisen, in grösseren Mengen ausgeschieden ist. Jetzt findet er sich in Gesellschaft von Serpentin, der aus dem Olivin durch Verwitterung hervorgegangen ist.

Sehr reich an Chromeisenstein ist Kleinasien, es stellt zur Zeit den Hauptanteil an der Weltproduktion dieses Minerals. Zwei Gebiete sind es, in denen ein belangreicher Bergbau getrieben wird, das eine liegt nahe der Südwestküste Anatoliens, unweit der Insel Rhodos, das andere befindet sich südwestlich und südlich vom vithynischen Olymp, unfern der Eisenbahnstation Kutabia am Tschatalja-Dagh und bei Tschardy. Die jährliche Produktion einer besonders reichen Grube beträgt 10—12000 Tonnen besten Erzes im Werte von rund einer Million Mark.

Reiche Lager befinden sich ferner im Staate Nord-Carolina zwischen Ashe County und Clay County, der Export betrug im Jahre 1896 17887 Tonnen.

In Russland wird Chromeisen ausschliesslich im Ural gefördert, im Jahre 1893 waren im Gouvernement Perm 25 Bergwerke im Betrieb und die Produktion betrug 14600 Tonnen, seitdem hat sie abgenommen.

Bei Kraubat in Obersteiermark, bei Hestmandö in Norwegen und in anderen Gegenden befinden sich abbauwürdige Lager, die von Silberberg in Schlesien haben keine weitere Bedeutung.

Digitized by Google

Chromeisenstein ist das Ausgangsprodukt für die Darstellung der Chromverbindungen (Kaliumchromat und -dichromat, Chromfarben und Chromsäure) und wird in neuester Zeit zur Darstellung von metallischem Chrom benutzt, das in der Eisenindustrie als Zusatz zu Stahl (Chromstahl) Verwendung findet. Wegen der hohen Schmelztemperatur war die Gewinnung des metallischen Chroms bis vor kurzem unmöglich, jetzt wird es im grossen nach einem von H. Goldschmidt entdeckten Verfahren dargestellt, das sich darauf gründet, dass bei der Verbrennung von Aluminium eine sehr hohe Temperatur erzeugt wird. Chromoxyd wird mit Aluminiumpulver gemischt, die Mischung von einer zweiten umgeben, die aus Aluminiumpulver und Baryumhyperoxyd besteht, und in diese wird ein Magnesiumband gesteckt. Das Magnesium wird angezündet, durch die Hitze verbrennt das Aluminium in der äusseren Schicht und oxydiert sich auf Kosten des Baryumhyperoxyds, die Temperatur wird hierdurch auf das höchste gesteigert und sie bewirkt, dass auch im Innern das Aluminium sich auf Kosten des Chromoxyds oxydiert; es entsteht aus dem Aluminium Tonerde als Korund und aus dem Chromeisenstein metallisches Chrom.

Ausser in Chromeisenstein kommt Chrom in Rotbleierz, manchem Granat und andern Mineralien vor, zur Gewinnung von Chrom wird aber keines von diesen benutzt.

Eisenspat oder Spateisenstein. Haben wir in dem Magneteisen ein Erz kennen gelernt, zu dessen Entstehung vulkanische Hitze beigetragen hat, so tritt uns in dem Eisenspat ein solches entgegen, das sicher aus wässerigen Lösungen abgeschieden ist, aber nicht an der Erdoberfläche, sondern innerhalb der Erdkruste da, wo keine Luft zutreten konnte, in Berührung mit Luft ist Eisenspat nicht haltbar. Es ist nämlich kohlensaures Eisenoxydul $FeCO_3$ und wird, wie alle Eisenoxydulsalze, durch Luft und Wasser leicht verändert und in die an der Erdoberfläche beständigste Eisenverbindung, in Brauneisenstein umgewandelt. Darum finden wir überall da, wo ein Lager oder Gang von Eisenspat bis zur Erdoberfläche geht, dieses von Brauneisenstein überdeckt, er bildet den »eisernen Hut« des Lagers oder des Ganges.

In reinem Zustand enthält Eisenspat 62 % Eisenoxydul oder 48,2 % Eisen, oft ist ihm Mangan beigemischt, oder er ist mit Ton, Kohle und andern Stoffen gemengt; besonders wertvoll ist die Beimengung von Kohle, weil da Erz und Kohle in einem vereinigt sind. In warmer Salzsäure löst sich Eisenspat unter Brausen auf, die Kohlensäure entweicht und die Lösung wird gelb; durch Glühen wird er schwarz und magnetisch. Die Härte ist gleich 4, das spezifische Gewicht ist 3,9.

Die Kristalle (Figur 10, 11, 12 der Tafel 29) sind Rhomboeder, deren Flächen sich unter einem Winkel von 107° schneiden; sie sind denen von Dolomit sehr ähnlich, wie wir bei einem Vergleich der Abbildungen Tafel 29, 11 und Tafel 75, 7 ohne weiteres sehen; auch sind sie wie diese oft sattelförmig gekrümmt und besitzen eine gleich vollkommene Spaltbarkeit nach den Rhomboederflächen. Wie in ihrer Form sind beide Mineralien miteinander und mit Kalkspat, Magnesit, Manganspat und Zinkspat chemisch nahe verwandt, es sind alles kohlensaure Salze von chemisch verwandten Metallen, ein äusserer Unterschied besteht bei einigen in der Farbe, die von dem Metall abhängt und aus der man oft mit einiger Sicherheit auf das Mineral schliessen kann. Die Farbe von frischem Eisenspat ist gelb und geht um so mehr ins Braune, je mehr die Kristalle in Brauneisenstein umgewandelt sind; der der Figur 12 ist schon als eine Pseudomorphose von Brauneisenstein nach Eisenspat zu bezeichnen. Manganhaltiger Eisenspat wird bei Verwitterung blauschwarz, weil die Oxyde von Mangan eine solche dunkle Farbe besitzen. Er heisst »Blauerz« im Gegensatz zu dem frischen Eisenspat, dem »Weisserz« und dem in Brauneisenstein umgewandelten »Braunerz«.

Ausser in Kristallen kommt Eisenspat in grob- bis feinkörnigen Aggregaten vor und solche sind es, die das eigentliche Erz bilden. Mit Ton gemischt bildet er Knollen

in manchen geschichteten Gesteinen, die den Namen toniger Sphärosiderit führen, die mit Kohle gemengten heissen Kohleneisenstein oder Blackband. Der eigentliche Sphärosiderit bildet kugelige, im Innern radialfaserige Aggregate (Tafel 29, 13), die auf Hohlräumen von Basaltgesteinen aufgewachsen sind.

Eisenspat tritt auf Gängen auf und ist da meist begleitet von Quarz und Kupferkies (Tafel 11, 5 und 10); so ist er verbreitet im Bezirk von Siegen, im Harz, im Bergrevier von Schmalkalden im Thüringer Wald und in Cornwall. Oder er tritt in oft sehr mächtigen Lagern auf, eines der reichsten ist das des Erzberg bei Eisenerz in Steiermark; der Bergbau reicht bis in die Römerzeit zurück, die jährliche Produktion beträgt etwa eine Million Tonnen Erz und das rohe Erz enthält ungefähr 42% reines Eisen! Aehnlich ist das Lager von Hüttenberg in Kärnten, von Gyalar in Siebenbürgen und andere. Ebenfalls in Lagern tritt der tonige Sphärosiderit und der Kohleneisenstein auf, so im Ruhrkohlenrevier, in Oberschlesien, Grossbritannien und in anderen Gegenden. Der Sphärosiderit in Basalt findet sich bei Steinheim unfern Hanau (Figur 13, Tafel 29) und im Vogelsberg an einzelnen Orten. Fundorte guter Kristalle von Eisenspat sind Neudorf im Harz (Figur 10), Lintorf in Hannover (Figur 11), diese oft mit kleinen Skalenoederflächen, das Gebiet von Siegen, Cornwall etc.

Eisenspat ist mit das beste Eisenerz und für die Eisenproduktion von grösster Bedeutung.

Brauneisenstein oder Limonit. Während die bisher genannten Eisenerze in Kristallen vorkommen, wenn sie auch in ihrer Hauptmasse immer nur körnig entwickelt sind, geht dem Brauneisenstein die Kristallform ab. Wenn er je in einer solchen auftritt, hat er sie von einem anderen Mineral entliehen, sie aber nicht selbst geschaffen, es sind immer Pseudomorphosen. Er selbst bildet faserige Aggregate oder völlig dichte Massen; die ersteren treten in tropfsteinförmigen (Figur 5 auf Tafel 30), röhrenförmigen (Figur 4), nierenförmigen und ähnlichen Gestalten auf, sind innen faserig und braun, aussen oft mit einer dünnen schwarzen, matten oder glänzenden Rinde überzogen und werden in dieser Ausbildungsweise als brauner Glaskopf bezeichnet. Bisweilen erinnert die Struktur sehr an die von Roteisenstein und es ist nicht ausgeschlossen, dass mancher Brauneisenstein aus Roteisenstein oder dieser aus jenem hervorgegangen ist. So ist z. B. das in Figur 3 der Tafel 30 abgebildete Stück ebenso radialfaserig und konzentrisch-schalig wie der Roteisenstein in Figur 11 auf Tafel 28. Die Hauptmasse von Brauneisensteinlagern besteht aus völlig dichtem, festem oder erdigem Erz, bisweilen auch aus erbsengrossen schaligen Kugeln, die dicht aneinandergedrängt und durch ein Bindemittel zusammengehalten das Bohnerz bilden (Figur 6 auf Tafel 30), oder aus nur hirsekorngrossen Kügelchen in der Minette (vergl. Seite 143).

Brauneisenstein enthält in reinem Zustand 59,9% Eisen, die dichten Massen, sowie Bohnerz und Minette sind aber immer mehr oder weniger durch Ton, Kieselerde, Kalk, Phosphorsäure und andere Stoffe verunreinigt; gern gesehen ist immer ein Gehalt an Mangan und Kalk, dieser macht bei der Verhüttung einen sonst notwendigen Zusatz von Kalk mehr oder weniger entbehrlich (Minette), jener ist zur Stahlbereitung günstig. Die Zusammensetzung des reinen Erzes kann durch die Formel $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$ ausgedrückt werden. Die Härte des faserigen Brauneisensteins ist $5-5\frac{1}{2}$, der Strich ist braun bis ockergelb, das spezifische Gewicht ist 4, durch Beimengungen aber in der Regel geringer. Wenn ein Splitter im einseitig geschlossenen Glasröhrchen erhitzt wird, wird er rot, indem der Brauneisenstein in Roteisenstein übergeht, das ausgetriebene Wasser schlägt sich an den Wänden in kleinen Tröpfchen nieder.

Brauneisenstein ist die an der Erdoberfläche beständigste Eisenverbindung und bildet sich da, wo sich Eisen unter Zutritt von Luft aus Lösungen ausscheidet oder eisen-

Digitized by Google

reiche Mineralien verwittern. So scheidet sich erdiger Eisenocker rings um Eisenquellen, der sogenannte Raseneisenstein an sumpfigen Stellen unter Wiesen (Wiesenerz), auf dem Boden flacher Seen (See-Erz) oder in Mooren (Morasterz) aus, während faseriger und dichter Brauneisenstein in dem eisernen Hut von Gängen und Lagern anderer Mineralien (vergl. bei Eisenspat und Kupferkies) auftritt. Die Bohnerze sind Absätze von Quellen und entweder direkt als Eisenerz abgeschieden oder aus Kalkstein hervorgegangen.

Brauneisenstein ist auf Gängen und Lagern im Bezirk von Siegen und in Nassau, am Rand des Vogelsbergs, im Harz und Thüringer Wald verbreitet, reiche Lager befinden sich in Oberschlesien und Spanien, Trümmerlagerstätten, reich an Eisenerz, sind die von Peine in Hannover und Salzgitter am Harz. Die Bohnerze treten meist auf Spalten und Aushöhlungen in Kalkstein auf, so im Jura der Schwäbischen Alb und bei Kandern in Baden (Figur 6 der Tafel 30), bei Lauben in der Schweiz und an anderen Orten. Wegen des Vorkommens der Minette verweisen wir auf das früher (Seite 143) Gesagte.

Raseneisenstein ist in den Niederungen des nördlichen Deutschlands, des europäischen Russlands, in Finnland und Schweden weit verbreitet. In Nordamerika ist der Three Rivers-Distrikt, Provinz Quebeck, ein typisches Vorkommnis. Wie der Torf, so bildet sich auch Raseneisenstein immer aufs neue und kann wie dieser nach einiger Zeit an derselben Stelle wieder gewonnen werden. Wegen des nie fehlenden Gehaltes an Phosphorsäure fand dieses Erz früher nur beschränkte Verwendung, es gab ein sehr leichtflüssiges, zur Giesserei besonders geeignetes, aber kaltbrüchiges Eisen. Nachdem aber das Eisen durch den Thomasprozess von Phosphor befreit und dieser in dem Thomasmehl als Düngemittel für die Landwirtschaft nutzbar gemacht werden kann, hat das Erz, ebenso wie die an Phosphorsäure reiche Minette, erhöhte Bedeutung gewonnen, die Minette ist ja für Deutschland geradezu das wichtigste Eisenerz geworden.

Ausser als Eisenerz findet Brauneisenstein in der ockerigen Abart als Farbe Verwendung, geglühter Ocker als Englisch Rot, ein Gemenge mit Manganoxyden und Ton ist eine der als Umbra bekannten Farben (die Kölnische Umbra ist erdige Braunkohle).

Goethit. Dieses Mineral ist nach unserem Dichterfürsten Goethe benannt, der auch den Mineralien und Gesteinen sein vielseitiges Interesse zuwandte und Mineralien und Gemmen nicht nur mit vollem Verständnis gesammelt, sondern auch manches darüber veröffentlicht hat. Man hätte seinen Namen eigentlich an ein schöneres Mineral knüpfen sollen. In Goethit sind dieselben Bestandteile wie in Brauneisenstein vorhanden, nur ist das Verhältnis von Eisenoxyd zu Wasser ein anderes, die Zusammensetzung kann durch die Formel $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ ausgedrückt werden. Der Eisengehalt des reinen Minerals beträgt 62,9%.

Goethit kommt in zweierlei, recht verschieden aussehenden Kristallen vor, die einen sind in der Form dem Manganit (Tafel 34, Figur 5—7) ähnlich, lang prismatisch, nadelförmig, darum Nadeleisenerz genannt; meist sind sie wenig scharf und zu unregelmässigen büschelförmigen Gruppen vereinigt (Figur 1 auf Tafel 30). Die andern bilden kleine und sehr dünne Blättchen, die mit rubinroter Farbe durchsichtig sind und darum Rubinglimmer genannt werden. Im Innern feinschuppige, aussen kugelige Aggregate desselben Minerals haben den Namen Lepidokrokit (Figur 2) bekommen. Dichter Goethit endlich tritt oft in Pseudomorphosen nach Schwefelkies auf (Figur 8 der Tafel 3).

Die Kristalle besitzen vollkommene Spaltbarkeit nach einer Richtung, ihre Härte ist 5—5½, das spezifische Gewicht gleich 5,3.

Am häufigsten findet sich Goethit in Verbindung mit Brauneisenstein, den er entweder als Lepidokrokit in Schnüren durchzieht oder in dem er auf Hohlräumen als glitzernder Rubinglimmer auskristallisiert ist. So findet er sich im Bezirk von Siegen, bei

Bieber unfern Giessen und an anderen Orten. Dünne Nadeln von Goethit kommen als Einschluss im Amethyst von Oberstein, auf der Wolfsinsel im Onegasee in Russland und in Brasilien vor, grössere Kristalle sind von Lostwithiel in Cornwall und Florissant, El Paso Co., Colorado (Figur 1 der Tafel 30), bekannt.

Produktion von Eisen. Aus seinen Erzen wird das metallische Eisen im Hochofen ausgeschmolzen, niemals als chemisch reines Eisen, sondern immer mit andern Stoffen, besonders Kohlenstoff, verbunden, vollkommen reines Eisen wird in der Technik überhaupt nicht benutzt. Die Erze werden mit Koks in abwechselnden Lagen übereinander geschichtet und wenn nötig mit Zuschlag, meist Kalk, versetzt. Dieser hat den Zweck, die dem Erz beigemischte Kieselsäure und die Asche der Brennstoffe zu binden und in leichtflüssige Schlacke überzuführen; enthält das Erz selbst genügend Kalk, wie die Minette, dann ist ein besonderer Zuschlag nicht nötig. Die unterste Lage von Koks wird entzündet und erhitzte Luft durch besondere mächtige Gebläse unter starkem Druck von unten eingeblasen. Die obersten Schichten werden so allmählich erwärmt, Wasser und Kohlensäure wird ausgetrieben, wenn dies nicht schon vorher in besonderen Röstöfen geschehen ist, das Erz in Oxyd übergeführt und durch das aus den tiefen Schichten emporsteigende Kohlenoxyd immer weiter reduziert und allmählich in schwammiges, kohlenstoffhaltiges metallisches Eisen umgewandelt. In den tiefsten Schichten, wo die Temperatur am höchsten ist, schmilzt es zusammen, löst Kohlenstoff auf und fliesst wegen seiner Schwere auf die tiefste Sohle des Ofens, aus der es von Zeit zu Zeit abgelassen wird, während die leichteren Schlacken aus einer höher liegenden Oeffnung fast ununterbrochen abfliessen; sie werden zur Zementerzeugung, als Mörtel, zur Herstellung gepresster Bausteine etc. benutzt. Erz, Kohle und Zuschlag wird immer nachgefüllt, so dass ein Hochofen, einmal angeblasen, ununterbrochen Tag und Nacht im Betrieb ist.

Das im Hochofen erzeugte Roheisen enthält ungefähr 4% Kohlenstoff, ferner Silicium, Phosphor, Schwefel und Mangan in wechselnden Mengen. Es ist verhältnismässig leicht schmelzbar und wird als Gusseisen verwendet. Das weisse Gusseisen enthält den Kohlenstoff chemisch gebunden, ist sehr spröd, hart, deutlich krystallinisch, mit breiten, silberweissen, glänzenden Bruchflächen (Spiegeleisen) und wird aus manganreichen Erzen erzeugt, weil Mangan die chemische Bindung des Kohlenstoffes begünstigt; es enthält bis zu 15% Mangan und wird besonders zur Herstellung von Stahl und Schmiedeeisen benutzt. Das graue Gusseisen enthält einen Teil des Kohlenstoffs als Graphit ausgeschieden, ist feinkörnig, grau, weniger spröd und weniger hart als das weisse Gusseisen und ist besser wie dieses zur Herstellung von Gusswaren geeignet.

Der hohe Kohlenstoffgehalt im Gusseisen bewirkt, dass es sehr spröde ist und leicht zerspringt; es verliert die Sprödigkeit, wenn ihm ein Teil des Kohlenstoffs entzogen wird. Dies geschieht heute vorzugsweise in der Bessemer Birne, einem grossen, frei aufgehängten Gefäss von birnförmiger Gestalt. Das dünnflüssige Eisen wird hineingegossen und erhitzte Luft unter starkem Druck hindurchgeblasen; die Beimischungen (Kohlenstoff, Schwefel und Silicium) werden oxydiert, die Oxydationsprodukte entweichen oder gehen in die sich bildende Schlacke, der Phosphor wird in Phosphorsäure umgewandelt und vereinigt sich mit dem Kalk, mit dem das Innere der Bessemer Birne ausgelegt ist, und bildet die wegen ihres Gehaltes an phosphorsaurem Kalk für die Landwirtschaft als Düngemittel so wichtig gewordene Thomasschlacke. Wenn der Kohlenstoffgehalt des Eisens auf 2% gesunken ist, was spektralanalytisch erkannt werden kann, wird das Luftgebläse abgestellt, das Eisen ausgegossen, es ist jetzt zu Stahl geworden.

Stahl ist Eisen, das 0,8—2,5% Kohlenstoff chemisch gebunden enthält, der Kohlenstoff bildet mit dem Eisen Karbid, das sich mit dem andern Eisen legiert; Stahl schmilzt schon bei 1400°, lässt sich giessen, schmieden, schweissen und härten. Im Walzwerk

Digitized by Google

werden aus Stahl Schienen, Träger, Platten, Blech und Draht hergestellt; die Massenproduktion von Stahl ist erst durch Einführung des schnell arbeitenden Bessemer-Verfahrens möglich geworden. Wird Stahl zur Rotglut erhitzt und schnell gekühlt, so wird er spröde und hart, mit gut gehärtetem Stahl kann man Fensterglas, ja Quarz ritzen. Wird der gehärtete Stahl aufs neue erwärmt, »angelassen«, so wird er weicher, um so mehr, je stärker und länger er erwärmt wird, man hat es in der Hand, ihm jede beliebige Härte zu geben. Hiervon und von Beimischungen anderer Metalle (Chrom, Nickel, Wolfram, Mangan, Titan) hängen die Eigenschaften des Stahls ab, und die Härte und Mischung wird so gewählt, dass der Stahl für den Zweck, dem er gerade dienen soll, möglichst geeignet ist. Dass sein Wert durch die weitere Behandlung gewaltig gesteigert wird, ist bekannt. Man hat ausgerechnet, dass der Preis für die in wertvolle Taschenuhren eingesetzte Stahlcylinderchen der Hemmung (Echappements) den Preis des Roheisens um das Fünfundvierzigmillionenfache übersteigt.

Eisen, welches noch weniger Kohlenstoff als Stahl enthält, ist das Schmiedeeisen. Es kann gleichfalls in der Bessemer Birne aus Roheisen erzeugt werden und heisst dann Flusseisen; oder es wird nach besonderem Verfahren (dem Frischprozess oder Puddelprozess), auf das wir hier nicht näher eingehen können, aus dem Roheisen, besonders dem weissen Gusseisen, hergestellt. Es ist zäh, nicht sehr hart, sehr schwer schmelzbar, erweicht aber schon bei Rotglut, lässt sich dabei schmieden und schweissen, aber nicht härten. Seine mannigfaltige Verwendung, von den einfachen Stäben der Gartenzäune bis zu den auf das feinste durchgearbeiteten, mit Rosen und Ranken verzierten Werken der Schmiedekunst, ist ja allgemein bekannt.

Roheisenproduktion im Jahre 1900:

Länder	Tonnen	Prozente der Weltproduktion
Vereinigte Staaten von Nordamerika	*14 099 870*	34,4
Grossbritannien	*9 052 107*	22.1
Deutschland	*8 351 742*	20,4
Russland	*2 850 000*	6,9
Frankreich	*2 699 424*	6,6
Oesterreich-Ungarn	*1 350 000*	3,3
Belgien	*1 018 507*	2,5
Schweden	*520 606*	1,3
Spanien	*294 118*	0,7
Andere Länder	*731 397*	1,8

Digitized by Google

Anhang.

Meteoreisen und Meteorsteine.

Das Eisen hat so grosse Neigung sich mit andern Elementen, besonders mit Sauerstoff, zu verbinden, dass es sich an der Erdoberfläche niemals bildet und dorthin gelangtes sich nicht hält, es rostet; darum kommt *natürliches gediegenes Eisen* nur als grösste Seltenheit vor. Grosse Massen davon sind bei Ovifak auf der Insel Disko in Westgrönland in einem Basalt in losen, bis fünfzigtausend Pfund schweren Blöcken gefunden worden und haben sich wahrscheinlich in diesem Basalt, der ein Kohlenlager durchbricht, ausgeschieden, indem seine Eisenverbindungen durch die Kohle reduziert wurden, ähnlich wie aus den Eisenerzen im Hochofen das Eisen durch Kohle frei gemacht wird. Alle andern Vorkommen von irdischem gediegenen Eisen sind ganz unbedeutend.

Dagegen finden sich grössere und kleinere Eisenmassen über der Erde zerstreut, die aus dem Himmelsraum niedergefallen sind und *Meteoreisen* genannt werden. Sie bestehen vorzugsweise aus Eisen, während andere Meteoriten daneben oder überwiegend »Steine«, d. h. Silikate enthalten; hierdurch bekommen sie steiniges Aussehen und werden als *Meteorsteine* von den andern unterschieden. Es sind äusserlich meist sehr unscheinbare Steine, ihr Wert beruht in ihrer Abstammung und verhältnismässig grossen Seltenheit.

Der Fall der Meteoriten ist mit Licht- und Schallerscheinungen verbunden, die wegen der Höhe, in der das Meteor erscheint, und wegen der Geschwindigkeit, mit der es sich fortbewegt, oft in weitem Gebiet wahrnehmbar sind. Bei ihrem Flug durch den Weltenraum sind die Meteoriten der Erde so nahe gekommen, dass sie die Lufthülle durchstreiften; durch die Reibung an der Luft wird ihre Bewegung verzögert, die Bewegungsenergie in Wärme umgesetzt. Die Luft vor ihnen wird schnell und stark zusammengepresst, hierdurch erhitzt, die Meteore selbst werden aussen glühend und die Oberfläche der leichter schmelzbaren Meteorsteine wird oft bis zum Schmelzen erhitzt. Die geschmolzenen Teilchen werden bei dem heftigen Vorwärtsfliegen nach der Rückseite gedrängt, bilden nach hinten gerichtete Rillen und Wülste (Figur 1 auf Tafel 32a), fliegen wohl auch ab und erzeugen so den leuchtenden Schweif der glühenden Meteore. Ihre Geschwindigkeit bei dem Eintritt in die Atmosphäre beträgt vier Meilen in der Sekunde und mehr, das ist die Geschwindigkeit der Planeten, nimmt aber schnell ab und in kurzer Zeit verlieren sie ihre Eigenbewegung, scheinen einen Moment stille zu stehen, hören auf zu glühen, zerspringen bisweilen unter heftigem, weit hörbarem, kanonenschussähnlichem Knall mit nachfolgendem Donner und fallen zur Erde nieder. Der heftige, kurze Knall entsteht nach der herrschenden Ansicht durch das Zerspringen der Steine, der Donner dadurch, dass die Luft in den hinter den Meteoren entstandenen luftleeren Raum mit grosser Heftigkeit hineinstürzt und weiter dadurch, dass die Schallwellen an Wolken und Luftschichten reflektiert werden. Da indes der Knall auch dann vernommen wird, wenn nur ein einziger Stein fällt, kann er nicht immer und nur durch das Zerspringen der Steine erzeugt werden, und es gibt Forscher, die annehmen, dass der Knall mit dem Zerspringen gar nichts zu tun habe, dass er vielmehr durch die stark komprimierte Luft vor dem Meteor erzeugt werde.

Meist fallen nur wenige Steine, selten nur ein einziger, bisweilen, wie bei dem grossen Steinregen von l'Aigle in der Normandie im Jahre 1803, einige Tausend. Obwohl an der Aussenfläche heiss, sind sie im Innern öfters kalt, es werden da Temperaturen bis zu −50° C. angegeben. Dies darf nicht zu sehr verwundern, denn der Weltenraum,

aus dem sie kommen, ist kalt, erst in der Atmosphäre der Erde, die sie in ihrem schnellen Fluge in kurzer Zeit durchschneiden, werden sie erhitzt, und da mag es wohl oft geschehen, dass sie bald nach ihrem Eintritt in die Lufthülle infolge der plötzlichen starken Erhitzung wie schnell erhitztes Glas in viele Stücke auseinanderspringen, so erklärt sich die unregelmässige eckige Gestalt vieler Meteoriten. Bisweilen gelingt es, die zerstreuten Teile eines Falles so zusammenzulegen, dass ihre Flächen aufeinander passen und der Stein in seiner ursprünglichen Grösse wieder aufgebaut ist. Bei dem Fall von Butsura in Ostindien vom 12. Mai 1861 fand man in einer Entfernung von 4—5 km drei Stück, die genau aneinander passten, so dass der Meteorit bis auf eine Ecke wieder aufgebaut werden konnte. Auch die napfförmigen Vertiefungen, die oft die Oberfläche bedecken, sind dadurch entstanden, dass Teilchen in der Luft ausgesprungen sind, die weitere Reibung hat die Vertiefungen geglättet und ihre Oberfläche geschmolzen. Wir wollen nun zunächst das Meteoreisen, dann Meteorsteine betrachten.

Die Oberfläche des Meteoreisens ist immer, wie die von stark geglühtem Eisen, mit einer dunklen Oxydschicht (Tafel 31, Figur 6) bedeckt, die, wenn frisch, die Beschaffenheit des sogenannten Hammerschlages hat und dem Magneteisen in seiner Zusammensetzung entspricht, wenn verwittert, aus Eisenhydroxyd besteht. Die Stücke selbst sind unregelmässig eckig und kantig, oft gerundet und mit kleinen napfförmigen Vertiefungen bedeckt.

Nach seinem inneren Bau gehört Eisen zu dem regulären System, durch eine Spaltbarkeit nach den Würfelflächen ist dies oft auch äusserlich erkennbar. Um das Innere des Meteoreisens der Untersuchung zugänglich zu machen, wird ein Stück abgesägt, die Schnittfläche poliert und mit verdünnter Salpetersäure geätzt. Die meisten Meteoreisen lassen danach mehr oder weniger feine, unter verschiedenen Winkeln sich durchkreuzende Streifen erkennen, die nach ihrem Entdecker als die Widmannstättenschen Figuren bezeichnet werden (vergl. Tafel 31, Figur 1—4). Sie bestehen aus langgestreckten grauen Streifen, dem Balkeneisen (Kamacit), die von schmalen rötlichen Streifen, dem Bandeisen, umsäumt sind (Taenit, in Figur 1 der Tafel 31 zu erkennen), während die übrig bleibenden Zwischenräume von dem Fülleisen (Plessit) ausgefüllt sind, das nach seiner Natur vorzugsweise aus Balkeneisen (Figur 2, Tafel 31) oder Bandeisen (Figur 1, Tafel 31) besteht. Manche Meteoreisen bestehen ganz aus Balkeneisen und zeigen dann nicht solche Figuren, z. B. das von Braunau. Diese Figuren rühren daher, dass das Eisen in verschiedenen Teilen verschiedene Zusammensetzung hat, darum von der Säure verschieden stark angegriffen wird, und weiter daher, dass diese Teile in bestimmter Weise gegeneinander gerichtet sind. Das Meteoreisen ist nämlich immer mit Nickel legiert und enthält meist bei 89—95 % Eisen 4—10 % Nickel, selten 10—15 % Nickel, ferner Kobalt, Schwefel, Phosphor, Kohlenstoff und Chrom in geringer Menge. Das Balkeneisen ist nun die nickelärmere, das von der Säure schwerer angreifbare Bandeisen die nickelreichere Legierung. Ein Balkeneisen (aus dem Meteoreisen von La Caille in Frankreich) enthält 91,9 % Eisen und 7 % Nickel, das Bandeisen aus demselben Meteor 85 % Eisen und 15 % Nickel.

Der Winkel, unter dem die Streifen sich schneiden, hängt von der Lage der Schnittfläche ab und beträgt 60°, wenn diese Richtung einer Oktaederfläche parallel geht (Figur 1 auf Tafel 31 und 32), 90°, wenn sie einer Würfelfläche parallel geht (Figur 2 auf Tafel 32) und ist beliebig schief, wenn die Schnittfläche ohne bestimmte Orientierung angelegt ist (Tafel 31, 2). Hieraus geht hervor, dass die Lamellen den Flächen des Oktaeders parallel gehen; solches Meteoreisen heisst daher auch oktaedrisches Eisen. Wie wir aus den Abbildungen der Tafel 31 sehen, sind die Lamellen recht verschieden breit, feine Lamellen besitzt Carlton in Figur 4, mittelbreite Lamellen besitzt Descubridora

(Figur 2) und Toluca (Tafel 32) auch noch Staunton (Tafel 31, Figur 3), bei anderen erreichen die Lamellen eine Breite von über 2 mm. Die Anordnung der Lamellen ist als eine besondere Wachstumsform zu betrachten, durch die ein schaliger Aufbau des Eisens nach den Oktaederflächen angezeigt wird. Die Lamellen gehen durch die ganze Masse des Eisens hindurch, sie bildet ein einziges Individuum von oft ansehnlichen Dimensionen. So messen die beiden zusammengehörigen Fundstücke von Chupaderos in Mexiko nahe an 5 m in der Länge, $2^1/_2$ m in der Breite und 0,5 m in der Höhe, die meisten sind allerdings sehr viel kleiner.

Im Gegensatz zu diesem Meteoreisen bestehen andere aus homogenem Eisen, welches dann die Spaltbarkeit nach den Würfelflächen deutlich erkennen lässt und darum als hexaedrisches Eisen bezeichnet wird (Hexaeder ist ein anderer Name für Würfel); es ist oft von feinsten Zwillingslamellen (den Neumannschen Linien) nach den Oktaederflächen durchzogen, gibt aber beim Aetzen nicht die Widmannstättenschen Figuren. Das beste Beispiel für diese Art bildet das Meteoreisen von Braunau in Böhmen. Eine dritte Art von Meteoreisen besteht aus kleineren und grösseren unregelmässigen Stücken hexaedrischen Eisens (Tafel 31, 5 und Tafel 32a, 4), die zu einer Breccie verkittet sind, es wird breccienähnliches hexaedrisches Eisen genannt. Ein solches, aus kleinen Körnern zusammengesetzt, ist Kendall County der Figur 5 auf Tafel 31 (zwischen dem Eisen sieht man dunkle Körner von Troilit), ein anderes mit grossen Körnern, die zum Teil, wie es scheint, Zwillinge sind und die Neumannschen Linien erkennen lassen, ist das auf Tafel 32a in Figur 4 abgebildete Eisen von Mount Joy, das ursprünglich 384 kg schwer war.

Das spezifische Gewicht des Meteoreisens schwankt zwischen 7,80—7,88; die meisten nehmen leicht starken permanenten Magnetismus an.

Von den vorher genannten Bestandteilen des Meteoreisens ist Kobalt wie das Nickel mit dem Eisen im Balkeneisen etc. legiert, Schwefel ist mit Eisen verbunden und bildet den Troilit (FeS), der in runden Könern auftritt, aber leicht verwittert; die Löcher in der Platte von Figur 1 auf Tafel 32 waren von Troilit ausgefüllt, die dunklen Partien in Figur 5 der Tafel 31 bestehen aus Troilit. In vielen Meteoreisen tritt der Troilit in Form von dünnen, nach den Würfelflächen eingelagerten Platten auf, die auf der Schliffläche als feinste Linien (0,1—0,2 mm dick) erscheinen und nach ihrem ersten Beobachter als Reichenbachsche Lamellen bezeichnet werden. (Ueber Troilit vergl. auch S. 142.) Phosphor tritt als Phosphornickeleisen oder Schreibersit $(Fe, Ni, Co)_3P$ auf und bildet weisse, metallisch glänzende Streifchen innerhalb des Balkeneisens. Kohlenstoff tritt an Eisen gebunden als Karbid Fe_3C (Cohenit genannt) auf, ferner für sich als Graphit und gar als Diamant. In dem in Figur 6 abgebildeten Meteoreisen von Cañon Diablo sind Diamanten mit aller Bestimmtheit nachgewiesen, ebenso in dem von Magura in Ungarn und später noch in anderen. Alle diese Bestandteile mit Ausnahme der Troilitkörner sind mit blossem Auge entweder gar nicht oder nur schwer zu erkennen. In einer Gruppe von Meteoreisen treten in grosser Menge runde Körner von Olivin auf (Figur 7 auf Tafel 31). Das erste derartige Eisen, 700 kg schwer, wurde von dem Reisenden Pallas bei Krasnojarsk in Sibirien entdeckt und nach ihm werden alle ähnlichen als Pallaseisen oder Pallasit bezeichnet. Der Olivin besitzt alle Eigenschaften des irdischen Olivins, dieselbe chemische Zusammensetzung und die gleichen Winkel; seine Kristalle sind die flächenreichsten, die man kennt.

Meteorite, die aus einem Netz von Eisen bestehen, aber reicher sind an Silikaten und ausser Olivin auch noch Bronzit und Plagioklas führen, werden als Mesosiderite bezeichnet, ihre Gruppe ist recht klein.

Auch die Meteorsteine enthalten fast alle Eisen, aber nur in einzelnen Körnchen, in der Hauptsache bestehen sie aus Silikaten, Olivin, Bronzit, Augit, Plagioklas

Digitized by Google

und Glasmasse, ausserdem enthalten sie oft Gas (Wasserstoff u. a.) und als Seltenheit Diamant.

Ihre Form lässt, vorausgesetzt, dass der Stein nicht in der Atmosphäre zersprungen ist, die Flugrichtung deutlich erkennen, indem die Seite, die beim Flug vorne war, die Stirnseite oder Brust, gewölbt, die Rückseite flach und wulstig ist (Figur 1—3 auf Tafel 31 a). Auch an der Beschaffenheit der Oberfläche lassen sich beide Seiten unterscheiden; sie ist nämlich mit einer dünnen, braunen oder schwarzen und matten Schmelzrinde bedeckt (Figur 8 und 9 a auf Tafel 31), die dadurch, dass bei dem Flug geschmolzene Teilchen losgerissen und nach hinten geblasen sind, von feinen Rillen durchzogen ist, die von der Mitte der Stirnseite nach dem Rande zu verlaufen (Figur 1 der Tafel 32 a), der Rand selbst ist gerundet und wie nach hinten umgeklappt, die Rückseite ist mehr oder weniger uneben, gefurcht und durch die abfliegenden Teilchen in der Mitte ausgezogen und mit mehr hervorragenden Schmelzwülsten bedeckt (Figur 2 und 3). Der hier abgebildete Stein ist am 28. November 1891 bei Guča in Serbien gefallen und befindet sich in Belgrad. Im Innern sind die Meteorsteine, wie der Name besagt, steinig, und sehen wie aus Schmelzfluss erstarrte Gesteine oder wie Tuff aus, die Eisenflitterchen sind am Glanze zu erkennen (Figur 9 b auf Tafel 31); abweichend von irdischen Gesteinen enthalten die meisten Meteorsteine zahlreiche rundliche, mikroskopisch kleine, kristallinische Einschlüsse, welche G. Rose Chondren genannt hat und wonach diese Steine als Chondride bezeichnet werden. Es sind recht rätselhafte Gebilde, in irdischen Gesteinen sind uns Chondren nicht bekannt. F. Berwerth betrachtet sie als eine meteorische Asche, die im Himmelsraum eine Umschmelzung erfahren hat.

Bemerkenswert für alle Meteorsteine ist das Fehlen einer jeden Umwandlung, die etwa durch Wasser bewirkt sein könnte.

Die Grösse der Meteoriten ist meist nicht sehr erheblich, der Umfang auch der schwersten Meteoreisen nicht so gross, wie man leicht denkt, weil ihr spezifisches Gewicht sehr hoch ist. Jede der grossen Mineraliensammlungen gibt von Zeit zu Zeit ein Verzeichnis ihrer Meteoriten heraus, in dem von jedem Fundort, Fallzeit und Gewicht angeführt wird. So besitzt das k. k. naturhistorische Hofmuseum in Wien nach dem neuesten Verzeichnis (Ende Oktober 1902) im ganzen 1850 Stücke Meteoriten, darunter 11 über 50 kg schwere, davon sind 10 Meteoreisen und nur ein Meteorstein; wir führen sie nach der Grösse geordnet mit ihren Fundorten und dem Gewicht hier an, zuerst die Meteoreisen, darauf den Meteorstein.

Ueber 50 kg schwere Meteoriten des k. k. naturhistorischen Hofmuseums in Wien:

Meteoreisen.

1. Youndegin, Penkarring Rock, Subdistr. Toundegin, östlich von York, West-Australien	909,0	kg
2. Coahuila, Bolson de Mapini, Chihuahua, Mexiko	198,0	„
3. Cañon Diablo, Arizona, New Mexiko, Vereinigte Staaten	174,0	„
4. Mount Joy, Gettysburg, Bezirk Mount Joy, Adams Co., Pennsylvanien, Vereinigte Staaten	141,0	„
5. Babbs Mill, Green Co., Tennessee, Vereinigte Staaten	128,7	„
6. Elbogen, Böhmen	79,25	„
7. Mukerop, bei Tsess, Bezirk Gibeon, Deutsch-Südwestafrika	61,0	„
8. Toluca, Xiquipilco, Toluca, Mexiko	52,85	„
9. Glorieta Mountain, S. Fé Co., New Mexiko, Vereinigte Staaten	51,75	„
10. Ilimaë, Atacama, Chile	50,80	„

Meteorstein.

11. Knyahinya, Komitat Unghvár, Ober-Ungarn	293,466	„

Digitized by Google

Von St. Katharina in Brasilien ist ein Meteoreisen von 2250 kg bekannt geworden, ein anderer, in Brasilien gefundener Meteoreisenblock wird auf 7000 kg geschätzt. Die Meteorsteine sind selten über 50 kg schwer, wahrscheinlich wohl, weil sie nicht so fest und zäh sind und darum eher zersprangen als die Eisen; von ihnen hat man auf Schneedecken und in den Tiefen des Ozeans sogar staubartig feine Körner gefunden.

Die auf Tafeln 31, 32 und 32a abgebildeten Meteoriten haben folgenden Namen und Gewicht; der Name eines Steines ist der seines Fundortes.

Tafel 31, Figur 1—6: Meteoreisen. Figur 7: Pallasit. Figur 8, 9: Meteorsteine.

1. Roebourne, acht Meilen von Hammerley Range, Queensland, Nordwest-Australien ' . . . . . 444 g
2. Descubridora, Distr. Catorze, S. Luis Potosi, Mexiko . . . . 658 „
3. Staunton, Augusta Co., Virginia, Vereinigte Staaten . . . . . 200 „
4. Carlton, Hamilton Co., Texas, „ „ . . . . . 65 „
5. Kendall Co., San Antonio, Texas, „ „ . . . . . 42 „
6. Cañon Diablo, Arizona, New Mexiko, Vereinigte Staaten . . . 298 „
7. Eagle Station, Corrol Co., Kentucky, „ „ . . . 83,5 „
8. Pultusk, zwischen Pultusk und Ostrolenka, Polen, Russland . . 84,0 „
9. Hungen bei Giessen, Hessen-Darmstadt, Deutschland . . . . . 56,5 „

Tafel 32: Meteoreisen von Toluca.

1. Toluca in Mexiko (auf der Tafel ein wenig verkleinert) . . . . 2130 g

Tafel 32a.

2. Mount Joy, Gettysburg, Bezirk Mount Joy, Adams Co., Ver. Staaten 213 g

Geschichtliches. Als Körper, die aus dem Himmel zu uns gekommen sind, werden die Meteoriten seit alten Zeiten göttlich verehrt, man glaubte, es seien herabgefallene Sterne. Eigene Tempel sind für sie erbaut und auf zahlreichen römischen und griechischen Münzen sind sie abgebildet, oft zusammen mit dem Tempel, in dem sie aufgestellt waren. So wurde ein Stein als der des Sonnengottes Elagabalus im Tempel zu Emisa verehrt, später vom Kaiser Elagabal, einem Priester des Sonnengottes, nach Rom gebracht und auf zahlreichen Münzen abgebildet. Die Venus von Paphos auf Cypern, die als ein roher dreieckiger Stein beschrieben wird, die Statue der Ceres, das früheste Bild der Pallas zu Athen, der Stein zu Delphi sind Meteoriten gewesen.

Den Aegyptern war schon 4000 v. Chr. »Eisen vom Himmel« bekannt und noch heute wird in der Kaaba zu Mekka ein Meteorstein aufbewahrt, von dem die Sage berichtet, dass er rot vom Himmel gefallen, aber durch die Sünden der Menschen schwarz geworden sei. Dieser Stein soll schon von arabischen Stämmen verehrt worden sein und Mohammed wagte nach der Einnahme von Mekka nicht, den Meteoriten zu zerstören. Er grüsste ihn mit seinem Stabe, machte den siebenmaligen Umgang und küsste ihn. Seitdem wird diesem Stein von allen Mohammedanern die grösste Verehrung erwiesen.

In prähistorischen Grabhügeln des Ohiotales in Nordamerika wurden zahlreiche Meteoriten gefunden, teils lose Stücke eines olivinreichen Pallasit (der in unserer Figur 7 abgebildete Pallasit ist nur 100 km entfernt von diesen Gräbern gefunden worden), welche je auf einem Altar lagen, teils sogenannte Ohrstöpsel aus Kupfer, welche mit Meteoreisen plattiert waren. In Japan hat man bis vor kurzem Meteorsteine als Hausgötter gehalten, in Ostafrika (Duruma) wurde ein im Jahre 1853 gefallener Stein von den Wanikas als Gott angebetet, bis sie infolge von Kriegsunglück den Glauben an ihn verloren und ihn an Missionare verkauften; und in Ostindien (in Sabetmahet) wurde ein Meteorit gesalbt, kostbar angezogen und mit Blumen und Sandelholzpulver bestreut und so eifersüchtig

Digitized by Google

gehütet, dass für die Wissenschaft nur ein kleiner Splitter gerettet werden konnte. Das berühmte, von Pallas bei Krasnojarsk aufgefundene Meteoreisen wurde von den Tartaren als ein Heiligtum verehrt. Von dem Meteorstein, der am 10. September 1886 in der Nähe des Dorfes Nowo-Urei im Krasnoslobodschen Kreise des Gouvernements Pensa gefallen ist, sollen die Bauern den einen der beiden Steine gepulvert und aufgezehrt haben, offenbar weil sie diesem himmlischen Stein besondere Zauberkraft zuschrieben; er war der erste Meteorit, in dem Diamant nachgewiesen wurde.

Als am 16. November 1492 ein 270 Pfund schweres Meteor bei Ensisheim im Elsass niederging, liess Kaiser Maximilian den Stein in sein benachbartes Schloss bringen und berief eine Versammlung, die beraten sollte, welche Nachricht vom Himmel der Fall des Steines wohl gebracht habe. Sie wurde als eine Aufforderung an die Christenheit zum Kampfe gegen die Türken gedeutet. Der Stein ist auf Befehl Kaiser Maximilians in der Kirche zu Ensisheim aufgehängt worden, wo er noch hängt, und ein Gedicht berichtet über den Fall: *

Tausend vierhundert neunzig und zwei
Hört man allhier ein gross' Geschrei,
Dass zunächst draussen vor der Stadt
Den siebenten Wintermonat
Ein grosser Stein bei hellem Tag
Gefallen mit einem Donnerschlag,
An Gewicht dritthalb Zentner schwer,
Von Eisenfarb, bringt man ihn her
Mit stattlicher Prozession
Sehr viel schlug man mit Gewalt davon.

Das k. k. naturhistorische Hofmuseum in Wien besitzt von diesem Stein ein 422 g schweres Stück.

Alle, welche einen ungetrübten Blick und gute Beobachtungsgabe besitzen, haben von jeher angenommen, dass die Meteoriten aus dem Himmelsraum zur Erde gefallen seien, erst den aufgeklärten Gelehrten des 18. Jahrhunderts war es vorbehalten, an dieser Wahrheit zu zweifeln und die Nachrichten über Meteoritenfälle als Märchen zu erklären. Ueber einen grossen Meteoritenfall, der sich im Jahre 1790 bei Juillac in der Gascogne ereignet hatte, war nach Berichten von Augen- und Ohrenzeugen ein Protokoll aufgenommen, von dem Bürgermeister und Gemeindevorstand unterzeichnet und der Pariser Akademie vorgelegt worden. Bertholon, der einen Bericht darüber in das Journal des Sciences einsandte, fügte hinzu: Wie traurig ist es, eine ganze Munizipalität durch ein Protokoll Volkssagen bescheinigen zu sehen, die nicht nur von Physikern, sondern von allen Vernünftigen zu bemitleiden sind! Vier Jahre später führte Chladni, der Entdecker der Klangfiguren, durch die Auffindung des Pallaseisens veranlasst, den Nachweis: »erstens, dass öfters Stein- und Eisenmassen vom Himmel gefallen sind und dies als historisch erwiesene Tatsache anerkannt werden muss; zweitens, dass dieses Ereignis identisch mit Feuerkugeln ist und diese nichts anders als eine solche brennende Masse sind; drittens, dass diese Massen kosmisch sind, d. h. Ankömmlinge aus dem Weltraume, welche vorher der Erde und ihrer Atmosphäre fremd waren.« Die immer noch bei den Gelehrten bestehenden Zweifel wurden durch kurz hintereinander eingetretene, gut beglaubigte Meteorsteinfälle, am 16. Juni 1794 in Siena, am 13. Dezember 1794 bei Woldcottage in Yorkshire, und besonders am 26. April 1803 bei L'Aigle in der Normandie, beseitigt. Nach dem zuletzt genannten Fall schickte der Minister der Aufklärung den Physiker Biot zur Untersuchung des Ereignisses und dieser konnte die eingelaufenen Berichte über den grossen Steinregen nur bestätigen; seitdem ist auch von der Akademie der Widerspruch aufgegeben.

Digitized by Google

Heute ist der ausserirdische Ursprung der Meteoriten allgemein anerkannt und während die Sammler früher sich schämten, einen verpönten Meteoriten in ihrer Sammlung zu haben, bilden die Meteoriten heute den wertvollsten Teil der grossen Mineraliensammlungen von London, Wien, Berlin, Paris, Tübingen, Budapest, New Haven, Washington und andern Städten und seltene Stücke werden mit Gold aufgewogen.

Manganerze.

Die Manganerze sind Verbindungen von Mangan mit Sauerstoff, mit Sauerstoff und Wasser, oder mit Kohlensäure; während die Verbindung von Eisen mit Kohlensäure als Erz sehr wichtig ist, hat die entsprechende Manganverbindung fast nur als Mineral Bedeutung. Der Vollständigkeit halber nennen wir noch zwei Schwefelverbindungen, die eine, Hauerit MnS_2, ist dem Schwefelkies analog zusammengesetzt und mit diesem kristallographisch verwandt, die andere, Manganblende MnS, ist mit der Zinkblende verwandt. Endlich führen wir noch die Verbindung von Mangan mit Kieselsäure an, die als Erz nur geringe Bedeutung hat und von der dichte Varietäten als Halbedelstein benutzt werden.

Wir nennen von den Manganverbindungen die folgenden:

Pyrolusit und Polianit MnO_2,	
Hausmannit Mn_3O_4,	Braunit Mn_2O_3,
Psilomelan und Wad,	Manganit $Mn_2O_3 \cdot H_2O$,
Manganspat $MnCO_3$,	Rhodonit $MnSiO_3$,
Hauerit MnS_2,	Manganblende MnS.

Auf den Tafeln 33 und 34 sind alle diese, mit Ausnahme von Polianit und Braunit, abgebildet.

Pyrolusit und Polianit. Pyrolusit oder Braunstein (Tafel 33, Figur 1 und 2) bildet radialfaserige, seltener körnige Massen, die metallisch glänzend grau sind, stark abfärben und wegen ihrer geringen Härte (H = 2) auch den Namen Weichmanganerz bekommen haben; das Pulver von Pyrolusit ist schwarz.

Von dem entfernt ähnlichen Antimonglanz unterscheidet sich Pyrolusit durch seine Unschmelzbarkeit. Mit Salzsäure erwärmt, entwickelt er grünliches Chlorgas, die Phosphorsalzperle färbt er violett. Dies Verhalten teilt er mit allen anderen Manganoxyden.

Häufig ist Pyrolusit aus Manganit hervorgegangen und von manchen wird angenommen, dass aller Pyrolusit aus anderen Manganerzen entstanden sei, jedenfalls ist er neben Psilomelan die an der Erdoberfläche beständigste und darum am meisten verbreitete Manganverbindung. Auch in Verdrängungspseudomorphosen nach Kalkspat und Dolomit kommt er vor.

Fundorte für Pyrolusit sind: Die Lindener Mark bei Giessen (Figur 1), Puderbach im Westerwald (Figur 2), Rossbach bei Friedberg, Waldmichelbach im Odenwald, Laisa bei Battenberg, das Gebiet von Schmalkalden und von Siegen; im Kaukasus das Gebiet von Tschiaturi, überhaupt die Orte, die wir nachher als die der Manganproduktion kennen lernen werden.

Dieselbe Zusammensetzung wie Pyrolusit hat Polianit, die Formel von beiden ist MnO_2, aber Polianit ist viel härter, er ritzt noch Glas (H = 6) und färbt darum nicht so sehr ab. Seine Kristallform ist ebenso unscharf wie die von Pyrolusit, man weiss

Digitized by Google

noch nicht einmal mit Sicherheit, ob er rhombisch oder quadratisch ist. Polianit ist ebenfalls grau und metallglänzend, seine Aggregate sind aber im Innern mehr körnig und aussen wie grob facettiert. Zwischen beiden Mineralien bestehen Uebergänge, indem Polianit weicher und allmählich zu Pyrolusit wird. Chemisch verhalten sich beide gleich, da sie ja gleich zusammengesetzt sind, sie enthalten 63,2% Mangan und 36,8% Sauerstoff.

Fundorte für Polianit sind: Lindener Mark bei Giessen, Platten im Erzgebirge, Cornwall u. a., immer ist er seltener als Pyrolusit.

Psilomelan. Während die beiden genannten Manganerze deutlich kristallinisch sind, wenn auch ihre Form immer undeutlich ist, ist Psilomelan im Innern vollkommen dicht, oft schalig (Figur 5 der Tafel 33), aussen tropfsteinartig (Figur 3), nierenförmig (Figur 4), keulenförmig (Figur 6) oder zeigt andere gerundete Oberflächenformen; im Innern ist er grau und matt, aussen braun oder schwarz und wird in diesem Fall schwarzer Glaskopf genannt (Figur 4). Seine Härte ist ziemlich hoch, 5½ bis 6, darum heisst er auch Hartmanganerz, sein spezifisches Gewicht ist 4,2—4,3.

Die chemische Zusammensetzung von Psilomelan ist recht schwankend, in der Hauptsache enthält er gleichfalls Manganperoxyd, MnO_2, daneben aber auch Manganoxydul, MnO, und andere Stoffe, die man weniger in ihm erwarten sollte, BaO, K_2O, CuO, CoO, SiO_2, manche auch Lithion, Li_2O, und alle Wasser in wechselnder Menge, seine Zusammensetzung lässt sich daher nicht gut durch eine Formel ausdrücken. Chemisch verhält er sich wie Pyrolusit, nur gibt der meiste Psilomelan, im Glasröhrchen geglüht, Wasser ab.

Psilomelan findet sich mit Brauneisenstein zusammen im Gebiet von Siegen und vielen anderen Orten, und mit anderen Manganerzen an den bei Pyrolusit genannten Orten.

Wad ist ein Manganerz, das ebenso schwankende Zusammensetzung besitzt, wie Psilomelan, es unterscheidet sich von ihm aber durch seine geringe Härte und schaumige Beschaffenheit, wegen der es den treffenden Namen Manganschaum führt. Es ist so porös und locker, dass es auf dem Wasser schwimmt, und so weich, dass es sehr stark abfärbt, man kann es gar nicht anfassen, ohne braune Hände zu bekommen. Es findet sich als Ueberzug über Psilomelan (Figur 7 der Tafel 33, hier bunt angelaufen) oder in selbständigen Massen, die ziemlich die gleiche Oberflächenform haben wie Psilomelan. Die Fundorte sind dieselben wie die bei diesem und Pyrolusit genannten.

Manganit. Die bisher genannten Manganerze besitzen gar keine eigene oder nur sehr undeutliche Kristallform, bei Manganit treten uns wohl ausgebildete Kristalle des rhombischen Systems entgegen, scharfe Säulen mit glatter Basis (Figur 5 der Tafel 34) oder walzenförmig gerundete, stark vertikal gestreifte Säulen mit drusiger Endfläche (Figur 6) oder solche, deren Ende von einem Doma begrenzt ist (in Figur 7 neben der drusigen Basis vorhanden); flächenreiche Enden treten in der Regel nur an kleinen Kristallen auf. Parallel zu dem Brachypinakoid geht eine recht vollkommene Spaltbarkeit.

Die Kristalle sind dunkelstahlgrau bis eisenschwarz, ihr Pulver aber ist braun, ein gutes Erkennungsmerkmal für frischen Manganit. Die Härte ist 3½—4, das spezifische Gewicht beträgt 4,3. Ausser in Kristallen findet er sich in faserigen und stengeligen Aggregaten.

Manganit enthält neben Mangan die Bestandteile des Wassers und man kann ihn als Manganoxyd auffassen, das mit Wasser verbunden ist, seine Formel wäre dann $Mn_2O_3 \cdot H_2O$, oder man kann ihn als Manganhydroxyd $MnO \cdot OH$ betrachten, was wohl richtiger ist, da das Wasser erst über 200° entweicht. Sonst verhält er sich chemisch wie die Manganerze, die wir bisher kennen gelernt haben. Unter der Einwirkung der Atmosphärilien gehen Veränderungen mit ihm vor, er wird weicher, sein Strich wird schwarz und er geht unter Verlust von Wasser in Pyrolusit über.

Ein sehr regelmässiger Begleiter von Manganit ist Schwerspat (in Figur 5 zu sehen) und er fand sich mit diesem auf Gängen in Porphyrit bei Ilfeld im Harz, die drei abgebildeten Stücke sind von hier, andere Fundorte sind Ilmenau und Oehrenstock im Thüringer Wald, Westgothland in Schweden; derbe strahlige Massen kommen auch in der Lindener Mark bei Giessen und auf anderen Manganerzlagern vor.

Hausmannit bildet kleine schwarze quadratische Pyramiden (Figur 4 der Tafel 34), deren Endkanten einen Winkel von 117° miteinander einschliessen und nicht selten zu Zwillingen verwachsen sind. Ihre Härte ist $5^1/_2$, ihr spezifisches Gewicht 4,8, die Zusammensetzung wird durch die Formel Mn_3O_4 oder richtiger $MnO \cdot Mn_2O_3$ ausgedrückt. Chemisch verhält sich auch Hausmannit wie Pyrolusit. Dieses, am besten an der Form erkennbare Manganerz findet oder fand sich bei Oehrenstock im Thüringer Wald, von hier ist der in Figur 4 abgebildete Kristall, bei Ilmenau, in grossen Lagern aber besonders in Schweden bei Långban, nördlich von Filipstadt in Wermland, bei Pajsberg bei Nordmarken, bei Jakobsberg im Oerebro-Distrikt. In diesen schwedischen Lagern ist das Erz an Dolomit gebunden, wie sonst Lager von Pyrolusit.

Braunit bildet sehr kleine quadratische Pyramiden, die dem regulären Oktaeder ähnlich und auf Hohlräumen von körnigem Braunit auskristallisiert sind. Die Kriställchen sind schwarz, rauh und zur Abbildung nicht geeignet. Ihre Zusammensetzung kann durch die Formel Mn_2O_3 ausgedrückt werden, wahrscheinlich aber ist die Verbindung nicht Manganoxyd, wie diese Formel besagt, sondern manganigsaures Manganoxydul $MnMnO_3$. Es findet sich an denselben Orten wie Hausmannit.

Manganspat oder Rhodochrosit. Alle die bisher genannten Manganerze zeigten dunkle, meist schwarze Farbe, im Manganspat und dem folgenden Rhodonit treten uns schön rosa gefärbte Mineralien entgegen. Diese Farbe ist für Mangansalze ebenso charakteristisch wie die grüne für Nickelsalze und die schwarze für Manganoxyde.

Manganspat ist nach Form und chemischer Zusammensetzung mit Eisenspat und Kalkspat nahe verwandt und wird in der Regel mit diesen in eine isomorphe Gruppe vereinigt. Er bildet wie diese Rhomboeder (Figur 3 der Tafel 34), deren Flächen sich unter einem Winkel von 107° schneiden, oder Skalenoeder (Figur 1) wie Kalkspat, nur erreichen seine Kristalle nicht die gleiche Grösse, auch sind sie oft sattelförmig gekrümmt, die hier abgebildeten sind schon verhältnismässig scharf und gross. Häufiger noch bildet er kugelige, traubige, im Innern körnige Aggregate, die wegen ihrer Farbe den Namen Himbeerspat führen (Figur 2). Manganspat ist kohlensaures Manganoxydul $MnCO_3$; mit Salzsäure erwärmt braust er stark auf, weil die Kohlensäure entweicht, die Phosphorsalzperle färbt er violett. Durch Verwitterung wird er schwarz und geht in eins der Manganoxyde über. Wegen dieser Unbeständigkeit ist Manganspat im ganzen selten, schöne Kristalle finden sich auf Brauneisenstein bei Sayn-Altenkirchen (Figur 1) und Horhausen in der Rheinprovinz, auf Grube Ohliger Zug bei Daaden, bei Bockenrod im Odenwald und bei Oberneisen in Nassau, an beiden Orten aber besonders der traubige Himbeerspat; auf Erzgängen bei Freiberg und Kapnik; dichte Massen finden sich lagerförmig in Kalkstein in den nördlichen Pyrenäen bei Vielle und bei Las Cabesse im Departement de l'Ariège, ebenso in der Provinz Huelva in Spanien. Die grossen Rhomboeder (Figur 3) sind von Alicante, Lake Co. in den Vereinigten Staaten.

Rhodonit. Dieses Mineral ist die Verbindung von Mangan mit Kieselsäure und nach der Formel $MnSiO_3$ zusammengesetzt. Es ist nach Form und Zusammensetzung mit den Pyroxenen verwandt und wird im chemischen System mit diesen in eine Gruppe vereinigt, nach seiner Verwendung könnte man es auch zu den Edelsteinen stellen, wir geben ihm hier bei den Manganerzen seinen Platz, weil es durch Verwitterung oft solche liefert und hier und da wie die andern Manganerze verhüttet wird. Seine Formen gehören dem triklinen

System an, alle Flächen und alle Kanten schneiden sich unter schiefen Winkeln. Die Form erkennen wir am besten an dem grossen Kristall der Figur 5 auf Tafel 35, die breite obere Fläche ist die Basis, die grossen Flächen darunter Vertikalprisma, die schmalen sind Makro- und Brachypinakoid; an den kleinen Kristallen sind zwischen Basis und Prisma auch noch schmale Pyramidenflächen sichtbar. Andere Kristalle, die meist klein sind und die wir darum hier nicht im Bild vorführen, haben mehr spitzwinkelige Formen. Parallel zu den Prismenflächen besitzt das Mineral Spaltbarkeit und ist auch hierin den Pyroxenen ähnlich, und wie bei diesen beträgt der Winkel, den die Prismenflächen miteinander bilden, nahezu 87° ($87^1/_2$°). Die bläulich-rote Farbe sehen wir an dem unvollkommenen Kristall der Figur 4, an dem der Figur 5 ist sie durch einen grauen Ueberzug verdeckt, aber an der Bruchfläche links tritt sie hervor.

Die Härte ist $5^1/_2$, das spezifische Gewicht 3,5 bis 3,6, von Salzsäure wird das Mineral wenig angegriffen. die Phosphorsalzperle färbt es violett, vor dem Lötrohr ist es schwer schmelzbar. Häufiger als Kristalle sind dichte Massen, die den Namen Kieselmangan (Tafel 35, Figur 6) führen; durch Verwitterung wird das Mineral schwarz, indem es in wasserhaltiges Silikat oder in Manganoxyde übergeht; auf den Rissen und feinen Fugen, die das in Figur 6 abgebildete Stück durchziehen, ist die Umwandlung bereits eingetreten.

Kleine Kristalle finden sich bei Pajsberg in Schweden, die grossen hier abgebildeten stammen von den Zinkerzlagerstätten von Franklin Furnace bei Ogdensburg, New Jersey, und unterscheiden sich von anderen dadurch, dass sie 5—$7^1/_2$% Zink enthalten, sie werden darum wohl auch durch einen besonderen Namen, Fowlerit, von den andern unterschieden.

Dichtes Kieselmangan findet sich bei Elbingerode im Harz, bei Långban in Schweden, besonders aber bei Ssedelnikowa nicht weit von Katharinenburg im Ural; es wird hier gewonnen und in Katharinenburg zu allerhand Gerätschaften und Ornamenten verschliffen. Grössere Massen kommen zugleich mit dichtem Manganspat auf den Manganerzlagern der Provinz Huelva in Spanien vor.

Hauerit und Manganblende. Zum Schluss führen wir noch zwei seltene Mineralien vor, beides Verbindungen von Mangan und Schwefel. In Hauerit sind die Elemente wie bei Schwefelkies im Verhältnis 1 : 2 verbunden, seine Formel ist MnS_2, in der Manganblende wie bei Zinkblende im Verhältnis 1 : 1, ihre Formel ist MnS.

Hauerit bildet reguläre Oktaeder (Figur 1, Tafel 35) oder Oktaeder mit Würfel (Figur 2), bisweilen tritt an kleinen Kristallen auch ein Pentagondodekaeder oder Dyakisdodekaeder auf, wodurch die Zugehörigkeit des Minerals zu der pentagonalen Hemiedrie erwiesen und seine Verwandtschaft mit Schwefelkies noch weiter wahrscheinlich gemacht wird; ob die Verwandtschaft nach ihrem Grade als Isomorphie zu bezeichnen wäre, lässt sich nicht sagen, da Mischungen beider Verbindungen nicht bekannt sind. Die Kristalle stammen von Raddusa in der Provinz Catania auf Sizilien und finden sich hier mit Gips im Ton einer Schwefelgrube; ähnlich ist das Vorkommen bei Kalinka in Ungarn.

Manganblende ist gleichfalls regulär und die Kristalle (Figur 3, Tafel 35) scheinen von Oktaeder und Würfel begrenzt zu sein, tatsächlich sind sie tetraedrisch und das Oktaeder ist die Kombination von Tetraeder und Gegentetraeder wie bei Zinkblende. Neben einfachen Kristallen treten Zwillinge auf (links neben dem grossen Kristall), deren Individuen nach einer Tetraederfläche verwachsen sind, die Form ist die unserer Textfigur 142. Das Mineral besitzt Spaltbarkeit nach den Würfelflächen, seine Farbe ist schwarz, das Pulver aber dunkelgrün. Die hier abgebildete Stufe mit besonders grossen Kristallen stammt von Nagyag in Siebenbürgen; auch bei Offenbanya in Siebenbürgen, Kapnik in Ungarn und an anderen Orten ist das Mineral gefunden worden, es ist aber selten.

Vorkommen der Manganerze. Von den hier beschriebenen Manganverbindungen haben nur die zuerst genannten bis Manganspat als Erze Bedeutung und von diesen treten meist mehrere zusammen auf, so Pyrolusit, Psilomelan und Wad, oder Hausmannit mit Braunit, und beide Gruppen bilden Lager, die an Kalkstein oder Dolomit gebunden sind, während Manganit mehr in Gängen auftritt, aber auch in den Lagern nie ganz fehlt. Das grösste Lager in Deutschland ist das der Lindener Mark bei Giessen; die Erze sind Pyrolusit, Psilomelan, Wad (Tafel 33) und erdiges eisenreiches Manganerz, selten ist darin Polianit und Manganit. Sie lagern in sehr unregelmässiger Mächtigkeit auf devonischem Kalkstein und sind von Ton bedeckt, derart, dass sie in Tagebau gewonnen werden können. Die Produktion beträgt etwa 100 000 Tonnen Erz im Jahr. Aehnlich liegen die Verhältnisse in den Manganlagern bei Friedberg und im Odenwald, nur gehört im Odenwald der Kalk, auf dem die Erze liegen, zur Zechsteinformation. Auch die schwedischen Manganerzlagerstätten sind an Kalk oder Dolomit gebunden, ihre Erze sind vorzugsweise Hausmannit und Braunit. Dass die Manganerze in den Lagern immer an Kalk gebunden sind, ist sicher nicht Zufall, der Kalk hat das Mangan festgehalten, aber woher das Mangan stammt, kann man mit Bestimmtheit nicht sagen; entweder ist es ursprünglich in geringer Menge im Kalkstein enthalten gewesen und durch dessen Verwitterung konzentriert, oder es ist durch Quellen zugeführt und durch den Kalkstein gefällt (Seite 65). Der ausgedehnteste Manganerzbau wird in Russland betrieben und er ist durch Erschliessung neuer Lagerstätten in fortschreitender Entwicklung begriffen. Zur Zeit werden Manganerze (besonders Pyrolusit) gewonnen: in den Gouvernements Kutais und Tiflis des Kaukasus, in den Gouvernements Perm und Orenburg des Urals, im Gouvernement Jekaterinoslaw in Südrussland und im Gouvernement Semipatalinsk in Sibirien. Bisher haben sich die Lagerstätten im westlichen Kaukasus bei Tschiaturi im Kreise Schawpan als die ergiebigsten erwiesen, im Jahre 1901 haben die Erzlager im Gebiet von Tschiaturi über 800 000 Tonnen Erz geliefert. Sehr reich an Manganerzen ist ferner Brasilien, Griechenland, Chile, Spanien und Japan.

Verwendung. Mangan wird in grossen Mengen als Zusatz zum Eisen (weisses Roheisen) benutzt, da es die Bindung von Kohlenstoff befördert und manganhaltiges Eisen nach dem Bessemer Prozess leichter von den Verunreinigungen befreit werden kann, als manganfreies. Die grösste Masse der Manganerze wird darum bei der Verhüttung von Eisen verwendet und seitdem dies geschieht, ist die Produktion stetig gestiegen. Pyrolusit findet ausserdem vielfache andere Verwendung, so dient er zur Darstellung von Chlor, jetzt freilich nicht mehr in dem Masse wie früher, weil jetzt genügend Chlor bei der Elektrolyse von Alkalichloriden gewonnen wird. In der Glasfabrikation wird Pyrolusit zur Herstellung von farblosem Glas benutzt; billiges Glas enthält immer etwas Eisen und wird durch dieses gelb oder grün gefärbt, ein Zusatz von Pyrolusit zur Schmelze hebt diese Färbung auf. In der Töpferei werden durch Pyrolusit violette Glasuren, durch Pyrolusit und Eisen braune Glasuren (daher der Name Braunstein) erzeugt. Erdiger Pyrolusit dient zur Herstellung schwarzer Mosaikplatten, zur Herstellung galvanischer Elemente, zur Darstellung von mangansaurem und übermangansaurem Kali.

Die Hauptlieferanten für Manganerze (an England) sind Russland, Brasilien, Griechenland, Chile und Madras. Spanien, europäische Türkei und Japan haben sehr nachgelassen.

Nickelerze.

Die Zahl der Mineralien, aus denen Nickel im grossen gewonnen wird, ist nur klein, heute kommen eigentlich nur der nickelhaltige Magnetkies, den wir bereits kennen gelernt haben (Seite 141), und Garnierit, ein nickelreiches, wasserhaltiges Magnesiasilikat, in Betracht. Einige andere haben zeitweise eine gewisse Bedeutung gehabt, wir führen sie hier mit auf und erinnern daran, dass Nickel ein regelmässiger Bestandteil von Meteoreisen ist.

Nickelerze:

Magnetkies $FeS + NiS$,	Nickelkies NiS,
Rotnickelkies $NiAs$,	Breithauptit $NiSb$,
Nickelglanz $NiAsS$,	Chloanthit $NiAs_2$.
Nickelblüte $Ni_3As_2O_8 \cdot 8H_2O$,	
Garnierit, nickelreiches wasserhaltiges Magnesiasilikat.	

Nickel ist mit Kobalt sehr nahe verwandt und dies gibt sich daran zu erkennen, dass die Kobalterze ganz analog zusammengesetzt sind und die Nickelerze Kobalt, die Kobalterze Nickel in isomorpher Beimischung enthalten. Ebenso sind beide Metalle mit Eisen nahe verwandt, ihre Verbindungen sind mit den entsprechenden Eisenverbindungen isomorph (vergl. die Zusammenstellung auf Seite 135) und enthalten Eisen in grösserer oder geringerer Menge beigemischt.

Nickelkies oder Millerit bildet metallisch glänzende messinggelbe, haarförmig dünne Kristalle, die zu divergentstrahligen Büscheln vereinigt sind (Figur 8 und 9 der Tafel 35), jedes einzelne Kriställchen stellt ein hexagonales Prisma dar, das oft um die lange Achse gedreht ist. Wegen der Form und Feinheit seiner Kristalle hat das Mineral auch den Namen Haarkies bekommen. Wahrscheinlich ist aller Nickelkies aus einem anderen sehr seltenen Mineral, dem metallisch glänzenden grauen Beyrichit ohne chemische Umwandlung hervorgegangen. Die Zusammensetzung beider wird durch die Formel NiS ausgedrückt, ihre Gestalt ist die gleiche, nur das innere Gefüge hat sich geändert, Beyrichit hat ein spezifisches Gewicht von 4,7; Nickelkies von 5,9.

Nickelkies gibt mit Salpetersäure eine grüne Lösung von salpetersaurem Nickel.

Nickelkies ist zusammen mit Kupferkies auf der Grube Hilfe Gottes bei Nanzenbach unweit Dillenburg vorgekommen und von hier stammen die beiden abgebildeten Stücke, auch bei Wissen (Grube Friedrich) und Gladenbach ist er vorgekommen und früher zeitweise abgebaut worden. Sehr feine Kriställchen, auf die der Name Haarkies besonders passt, finden sich in Nieren von Toneisenstein bei Neunkirchen in der Steinkohlenformation des Saarreviers. Andere Fundorte sind Johann-Georgenstadt in Sachsen, Gap Mine in Lancaster Co., St. Louis in Missouri, Sterling Mine bei Antwerp, N. Y. u. a. Grössere Mengen in Quarz sind bei Benton in Saline Co. in Arkansas vorgekommen.

Rotnickelkies unterscheidet sich von Nickelkies chemisch dadurch, dass er statt des Schwefels Arsen enthält, seine Form ist $NiAs$. Aeusserlich unterscheidet er sich von ihm durch seine derbe Beschaffenheit und die rote Farbe (Figur 7 auf Tafel 35), wegen der er auch den Namen Kupfernickel führt, obwohl er niemals Kupfer enthält. Nickel ist ebenso wie Kobalt ein Schimpfname und die Bergleute haben dieses Erz Nickel genannt, weil es trotz der kupferroten Farbe kein Kupfer gab. »Kupfernickel ist eine koboldische kupfrige Unart« und »Kupfernickel ist nicht nur allein eine Anweisung auf Kobold, sondern ein Kobold, obgleich ein dummer selbst,« heisst es in einer Mineralogie aus dem Jahre 1759. Eine Verwechslung mit gediegen Kupfer darf nicht vorkommen,

Kupfernickel ist spröd und hart (H = $5^1/_2$), Kupfer ist weich und geschmeidig, sein Strich ist schwarz, der von Kupfer ist rot, in warmer Salpetersäure löst er sich auf, die Lösung wird grün und beim Erkalten scheiden sich aus ihr farblose, glänzende Oktaederchen von arseniger Säure aus, der giftigen, gewöhnlich Arsenik genannten Substanz. Auf Kohle mit dem Lötrohr angeblasen schmilzt das Mineral und entwickelt nach Knoblauch riechenden Arsendampf. Kristalle sind sehr selten und immer undeutlich, man sieht nur dicht zusammengedrängte kleine Spitzen einer hexagonalen Pyramide, meist bildet das Mineral derbe Massen, deren Oberfläche leicht mit einem Anflug von erdiger grüner Nickelblüte, wasserhaltigem arsensaurem Nickel $Ni_3As_2O_8 \cdot 8H_2O$, bedeckt ist. Diese ist immer Verwitterungsprodukt von arsenhaltigen Nickelerzen, sieht dem in Figur 12 abgebildeten Garnierit ähnlich, ihre Farbe ist aber heller, apfelgrün.

Rotnickelkies findet sich in Gesellschaft von Silbererzen auf Gängen in kristallinischen Schiefern bei Schneeberg, Annaberg und anderen Orten in Sachsen, Joachimstal in Böhmen, mit Kobalterzen und Schwerspat auf Gängen im Kupferschiefergebirge bei Sangerhausen, Mansfeld, Richelsdorf (von hier das in Figur 7 abgebildete Stück).

Rotnickelkies dient zur Darstellung von Nickel und von arseniger Säure (Arsenik).

Dem Rotnickelkies sehr ähnlich ist Breithauptit, der statt des Arsens Antimon enthält, also Antimonnickel NiSb ist. Er ist hell kupferrot, gibt vor dem Lötrohr auf Kohle Antimonbeschlag und findet sich in Kalkspat eingewachsen, besonders bei Andreasberg im Harz. Auch isomorphe Mischungen dieser beiden Verbindungen sind bekannt.

Nickelglanz oder Gersdorffit. Dieses Mineral bildet reguläre Oktaeder (Figur 10 auf Tafel 35), an denen wohl auch kleine Flächen von Würfel und Rhombendodekaeder auftreten, sehr selten sind Flächen eines Pentagondodekaeder, immerhin darf die Zugehörigkeit zur pentagonalen Hemiedrie des regulären Systems als erwiesen gelten. Es gehört somit zu der gleichen Hemiedrie, wie der viel häufigere Kobaltglanz mit dem es auch chemisch nahe verwandt, es ist nach der Formel NiAsS, letzterer nach der Formel CoAsS zusammengesetzt. Die Kristalle sind aussen graulich-schwarz und matt, im Innern aber stahlgrau und metallglänzend, die Härte ist 5 bis $5^1/_2$. Bei der Verwitterung, der das Mineral sehr leicht unterworfen ist, bedeckt es sich mit einer grünen Rinde von Nickelblüte und Nickelvitriol.

Die hier abgebildete Stufe mit grossen, von Eisenspat begleiteten Kristallen stammt von Lobenstein in Thüringen, kleinere Kristalle und besonders derbe Massen sind auf den Erzgängen im rheinischen Schiefergebirge und Harz gefunden, aber immer selten.

Chloanthit. Bei diesem Mineral zeigt sich besonders die Verwandtschaft von Nickel und Kobalt, die soweit geht, dass die reinen Arsenverbindungen beider Metalle gar nicht vorkommen. Chloantit sollte die Verbindung von einem Atom Nickel mit zwei Atomen Arsen $NiAs_2$ sein, und sollte 28,1 % Nickel neben 71,9 % Arsen enthalten, es sind aber immer mehrere Prozent Nickel durch Kobalt vertreten, ebenso ist neben diesem immer Eisen gleichfalls als Vertreter von Nickel vorhanden und die Unterscheidung von Chloanthit und Speiskobalt ist nicht scharf durchzuführen, beides sind Mischungen und die nickelreichere, auf der sich bei der Verwitterung ein Anflug von grüner Nickelblüte bildet, stellt man zu Chloanthit.

Die Kristalle sind regulär, Würfel mit Oktaeder (Figur 11 auf Tafel 35), metallglänzend, zinnweis bis stahlgrau, oft grau angelaufen. Chloanthit kommt ebenso wie Speiskobalt vor, wird auch wie dieser verwendet, da er dieselben Stoffe enthält, wir werden daher das Vorkommen bei Speiskobalt kennen lernen.

Garnierit. Das wichtigste von allen Nickelerzen hat die unansehnlichste Form, nur aus der grünen Farbe kann man einen Nickelgehalt vermuten. Es sind dichte, erdige Massen (Figur 12 der Tafel 35), die sich wegen der geringen Härte fettig anfühlen und

durch ihre grüne Farbe in die Augen fallen. Die Farbe ist nicht immer so dunkelgrün, wie hier und man unterscheidet wohl auch die dunkelgrünen als Numeait (nach dem Fundort) von den hellgrünen, die dann Garnierit (nach dem Entdecker der neukaledonischen Erze Garnier) im engeren Sinne heissen, aber diese Unterscheidung ist kaum berechtigt, da das Mineral keine reine chemische Verbindung, sondern ein Gemenge ist. Es enthält Kieselerde, Magnesia, Nickel und Wasser in wechselnder Menge, der Nickelgehalt ausgesucht reiner Stücke schwankt zwischen 3 und 30%, man kann das Erz als ein nickelreiches, wasserhaltiges Magnesiasilikat bezeichnen, das mit Serpentin verwandt und wie dieser ein Verwitterungsprodukt von einem Olivingestein ist, dessen Olivin Nickel enthält. Bei der Zersetzung des Olivins wird Nickel als erster Bestandteil fortgeführt, um in den Spalten und als schaliger Ueberzug auf Blöcken des verwitterten Gesteins als Garnierit wieder ausgeschieden zu werden.

Die grössten und reichsten Lager von Garnierit finden sich bei Numea in Neu-Kaledonien, bedeutende, bis 10 m mächtige Lager in Douglas County in Oregon; unbedeutend sind die Vorkommen bei Gläsendorf und Kosemütz unfern Frankenstein in Schlesien, die in neuerer Zeit abgebaut werden und 2—3½% Nickel enthalten. Garnierit hat vor den mit Schwefel und Arsen verbundenen Nickelerzen den Vorzug, dass aus ihm das Nickel leichter rein abgeschieden werden kann, die Nickelindustrie hat darum erst nach der Entdeckung der neukaledonischen Garnieritlager ihren Aufschwung genommen.

Verwendung. Nickelerze werden zur Zeit nur in Neu-Kaledonien, den Vereinigten Staaten von Nordamerika und Kanada gewonnen. Im Jahre 1901 wurde aus neukaledonischen Erzen im ganzen 5000 metrische Tonnen Nickel zu annähernd gleichen Teilen in England, Frankreich und Deutschland dargestellt, die Vereinigten Staaten und Kanada lieferten 3600 Tonnen Nickelmetall. Der Preis für ein Kilogramm Nickel schwankt um 3 Mark.

Nickel wird als Metall für sich allein zu mancherlei Gerätschaften verarbeitet und in grossen Mengen zum Vernickeln von Eisen verbraucht. Ein Zusatz von reinem Nickel verleiht dem Stahl grosse Zähigkeit, darum werden Nickelstahlplatten in der neueren Zeit zum Panzern der Kriegsschiffe verwendet. Eine Legierung von Kupfer, Zink und Nickel haben wir in dem Neusilber bereits (Seite 105) kennen gelernt; die deutschen Nickelmünzen sind eine Legierung von 25 Teilen Nickel mit 75 Teilen Kupfer, die der anderen Staaten (Schweiz, Oesterreich) enthalten mehr Nickel.

Kobalterze.

Die Kobalterze sind den Nickelerzen analog zusammengesetzt, jedoch fehlen die dem Nickelkies und Rotnickelkies entsprechenden einfachsten Verbindungen; dafür verbindet sich ein Atom Kobalt mit drei Atomen Arsen und bildet den seltenen Skutterudit $CoAs_3$, dessen entsprechende Verbindung bei den Nickelerzen fehlt, die andern Verbindungen treten in beiden Gruppen auf. Dem Nickelglanz entspricht der Kobaltglanz, dem Chloanthit der Speiskobalt, der Nickelblüte die Kobaltblüte; ausserdem tritt Kobalt in Gemengen von Mangan- und Eisenerzen auf, so im schwarzen Erdkobalt und ähnlichen. Die als Kobaltglanz regulär-pyritoedrisch kristallisierte Verbindung ist dimorph und kristallisiert als Kobaltarsenkies rhombisch. Wir haben also folgende Uebersicht über die Kobalterze:

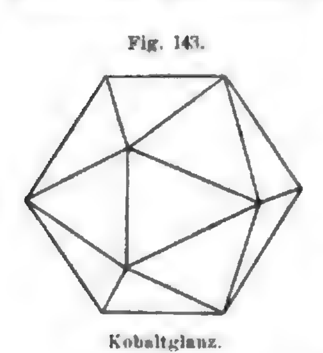
Kobaltglanz und Kobaltarsenkies $CoAsS$, Speiskobalt $CoAs_2$, Skutterudit $CoAs_3$,
Kobaltblüte $CoAs_2O_4 \cdot 8H_2O$, Erdkobalt ein Gemenge.

Alle Kobalterze sind dadurch ausgezeichnet, dass sie die Phosphorsalzperle oder Boraxperle dunkelblau färben, das beste Erkennungsmerkmal für Kobalt.

Aus der schon mehrfach zitierten Mineralogie, Henckelius in mineralogia redivivus, aus dem Jahre 1759 erfahren wir über den Namen Kobalt das Folgende: »Kobold nun bedeutet erstlich im animalischen Reiche einen schädlichen Geist, oder Teufel, im Hause, oder sonsten. Es wird auch von dergleichen in Gruben annoch fabuliret, so die Bergleute vexiren, auch wohl beschädigen, im übrigen gute Anbrüche nach sich ziehen sollen, gleich als wenn's der Teufel dem Menschen nicht gönnen wollte. Weil nun Arsenik würklich schädlich ist, so hat man diesen Namen im Mineralreiche über arsenicalische und auf solche Erze geleget, welche giftig sind, und anbey keinen Nutzen haben, nämlich weder Silber halten, und vor diesem zur Anwendung blauer Farbe nicht erkannt worden sind. Insgemein und im weitläuftigen Verstande verstehet man darunter a) puren gewachsenen metallischen Arsenic, Schirbenkobold genannt (vergl. Seite 129)... d) Blaufarbenkobold, und diesen bei Sächsischen Bergwerken *κατ' ἐξοχήν*.«

Kobaltglanz oder Glanzkobalt ist immer an seiner Form und Farbe zu erkennen. Seine Kristalle gehören der pentagonalen Hemiedrie des regulären Systems an und sind hierdurch wie auch durch ihre chemische Zusammensetzung mit Schwefelkies nahe verwandt, beide Mineralien werden als isomorph betrachtet. Die Kristalle in ihrer verschiedenen Ausbildung sind auf Tafel 36 abgebildet, in Figur 1 ein Pentagondodekaeder, in Figur 2 die gleiche Form mit ganz schmalen Würfelflächen, in Figur 3 Würfel mit Pentagondodekaeder, in Figur 4 und 5 Oktaeder, in Figur 6, 7 und 8 die Kombination von Oktaeder und Pentagondodekaeder im Gleichgewicht, das sogenannte Ikosaeder. Die Textfigur 143 zeigt diese Kombination in idealer Ausbildung, die Flächen des Oktaeders sind hierbei gleichseitige, die des Pentagondodekaeders gleichschenklige Dreiecke; bei den natürlichen Kristallen sind die Flächen physikalisch verschieden. Bei dem Kristall der Figur 6 auf Tafel 36 sind die Oktaederflächen glatt, die des Pentagondodekaeders gestreift, bei dem der Figur 8 sind die ersteren glänzend, die anderen matt; er ist gegen den darüberstehenden Kristall 7 etwas verschoben, die obere glänzende Fläche ist eine Oktaederfläche. Die Farbe ist rötlich-silberweiss oder stahlgrau ins Violette, der Strich ist graulich-schwarz. Nach den Würfelflächen geht eine ziemlich vollkommene Spaltbarkeit, die Härte ist $5^1/_2$, das spezifische Gewicht ein wenig über 6.

Fig. 143.



Kobaltglanz.

Zur Bestimmung von kristallisiertem Kobaltglanz bedarf es keiner weiteren Versuche, das derbe Erz wird daran erkannt, dass es vor dem Lötrohr auf Kohle Arsenrauch, mit Soda zusammengeschmolzen Heparreaktion gibt und dass die gut ausgeglühte Probe die Phosphorsalzperle blau färbt.

Der Kobaltgehalt des reinen Minerals sollte 35,4% betragen, er wird aber immer durch einen Eisengehalt heruntergedrückt und schwankt um 30%.

Kobaltglanz findet sich mit Kupferkies (Figur 9 der Tafel 36) auf Gängen im Gneiss bei Tunaberg in Schweden (die Kristalle 1, 3—7 und 9 stammen von hier), in quarzreichen Glimmerschiefer eingesprengt bei Skutterud im Kirchspiel Modum in Norwegen (Kristalle 8 und 10 der Tafel), zu Håkansbo in Westmanland in Schweden (Kristall 2); bei Daschkessan im Gouvernement Tiflis (Kaukasus) bildet Kobaltglanz ein reines, durchschnittlich 0,2 m mächtiges Lager, die Vorkommnisse in Deutschland (Siegen, Harz) und andern Ländern haben keine Bedeutung.

Kobaltarsenkies oder Glaukodot enthält dieselben Bestandteile wie Kobaltglanz, nur wird ein noch grösserer Teil Kobalt durch Eisen ersetzt, so dass die meisten Vor-

Digitized by Google

kommnisse mehr Eisen als Kobalt enthalten, die Kristalle von Håkansbo, die wir hier vorführen, enthalten 15% Kobalt und 19% Eisen; die Formel ist unter Berücksichtigung des Eisengehaltes (Fe, Co) AsS, das Mineral kann hiernach als ein kobaltreicher Arsenkies (vergl. Seite 140) aufgefasst werden und mit diesem hat es auch in seiner Formenausbildung viel Aehnlichkeit. Es ist rhombisch, die Kristalle sind lang säulenförmig (Figur 11 der Tafel 36) und am Ende von einem horizontalen Prisma begrenzt, entweder einfach oder Durchkreuzungszwillinge, wie der in Figur 12. Gewöhnlich werden die Kristalle nicht wie hier aufgestellt, sondern so, dass die kleinen Flächen zum Vertikalprisma ∞P werden, sie schneiden sich unter einem Winkel von $110\frac{1}{2}°$; die langen Flächen werden dann Brachydoma $P\breve{\infty}$, sie schneiden sich unter einem Winkel von 100°. In dem Zwilling ist das Makrodoma $P\bar{\infty}$ die Zwillingsebene. Die Härte ist 5, das spezifische Gewicht gleich 6,0.

Die schönsten Kristalle finden sich in Kupferkies eingewachsen und von Kobaltglanz begleitet bei Håkansbo in Schweden, gute Kristalle auch bei Franconia in New Hampshire in den Vereinigten Staaten.

Speiskobalt. Das wichtigste von allen Kobalterzen ist Speiskobalt, die Verbindung von Kobalt mit Arsen $CoAs_2$, in der aber immer ein Teil von Kobalt durch Nickel und Eisen ersetzt ist, der Kobaltgehalt, der 28,1% betragen sollte, erreicht kaum jemals 20%, meist bleibt er weit darunter.

Die Kristalle sind regulär; der grosse Kristall der Figur 13 ist sehr wenig scharf, die grosse vordere Fläche ist eine Würfelfläche, die dunkle dreieckige rechts oben eine Oktaederfläche, es ist eine Kombination von Würfel und Oktaeder; die schärferen Kristalle der Figur 14 sind von Würfel, Oktaeder und Rhombendodekaeder begrenzt; der durchgeschlagene Kristall der Figur 15 zeigt uns, dass er aus vielen einzelnen Schichten aufgebaut ist, wir lernen hier einmal schalenförmigen Bau an einem undurchsichtigen Mineral kennen. Die rötliche Farbe, die an allen hervortritt, zeigt uns den Kobaltgehalt an, es ist erdige Kobaltblüte, die sich bei der beginnenden Verwitterung der Erze abgeschieden hat. Ausser in deutlichen Kristallen kommt Speiskobalt auch in baumförmigen oder gestrickten Wachstumsformen und derben körnigen Massen vor.

Speiskobalt tritt in Begleitung von Wismuth, Rotnickelkies, Silbererzen und Quarz auf Gängen in Granit und Gneiss auf, so bei Schneeberg in Sachsen und Wittichen im Schwarzwald; oder mit Schwerspat, Rotnickelkies und Erdkobalt auf Gängen im Kupferschiefergebirge, so bei Richelsdorf und Bieber in Hessen, bei Glücksbrunn und Kamsdorf in Thüringen. Die Schichten der Zechsteinformation, zu der der Kupferschiefer (Seite 96) gehört, sind von Spalten durchzogen und auf der einen Seite 10—20 m in die Tiefe gesunken, auf der andern Seite der Spalte aber stehen geblieben. Auf der Spalte haben sich Mineralien angesiedelt und bilden einen Gang, in welchem die Kobalt- und Nickelerze hauptsächlich zwischen der oberen stehen gebliebenen und der unteren abgesunkenen Schicht von Kupferschiefer auftreten. Diesen Teil des Ganges nennt man »Rücken«, wegen der Erze »Kobaltrücken«.

Kobaltblüte. Während die Nickelblüte nur in erdigen und dichten Massen vorkommt, ist Kobaltblüte bisweilen deutlich kristallisiert, sie bildet dann nadelige, zu sternförmigen Aggregaten oder Büscheln vereinigte Kriställchen (Figur 16 auf Tafel 36) von schön roter Farbe, die recht weich und zerbrechlich sind, viel häufiger tritt sie als erdiger Ueberzug auf, wie in Figur 15, nur meist noch dichter die Oberfläche bedeckend.

Die Kristalle stammen von Schneeberg in Sachsen. Erdige Kobaltblüte ist das ständige Verwitterungsprodukt von Speiskobalt und daher überall da zu finden, wo dieser auftritt. Bisweilen ist die dichte Kobaltblüte von kleinen weissen, fein radialfaserigen Kügelchen begleitet, die man, wenn sie dicht gedrängt sind, für Schimmel halten könnte,

Digitized by Google

es ist Pharmakolith, arsensaurer Kalk, der sich aus Verwitterungsprodukten von Speiskobalt und Bestandteilen des benachbarten Kalksteins gebildet hat.

Die Verwendung der Kobalterze beruht fast ausschliesslich auf ihrer Eigenschaft, dem Glas eine blaue Farbe zu erteilen und sie werden zur Herstellung von blauem durchsichtigen Glas und von blauem Glaspulver, das Smalte oder Kobaltblau heisst, benutzt. Schon in den Gräbern der alten Aegypter und den Trümmern Trojas hat man blaues Kobaltglas gefunden, ein Beweis, dass die Kenntnis dieser Technik uralt ist. Zur Herstellung des blauen Glases werden die Erze geröstet und der Glasschmelze zugesetzt; das gepulverte blaue Glas wird geschlemmt und bildet die Smalte, die wegen ihrer Beständigkeit gegen Hitze und Lösungen als blaue Farbe vielfach benutzt wird. Die blaue Farbe auf Porzellan wird durch schwarzes Kobaltoxyd erzeugt, das sich mit der Glasur bei dem Brennen des Porzellans verbindet und tief blau wird

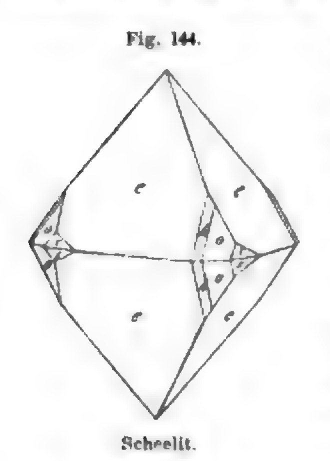
Der Hauptsitz der Kobaltindustrie ist von Alters her das sächsische Erzgebirge, wo die Smalte in staatlichen und privaten Blaufarbwerken hergestellt wird. Die einheimischen Erze genügen schon lange nicht mehr für den Bedarf. Die Werke sind auf den Import aus Schweden, Russland und Neu-Kaledonien angewiesen. Das neukaledonische Kobalterz ist ein erdiges Gemenge von Brauneisenstein mit Manganoxyden und etwa 4% Kobaltoxyd; wegen der erdigen Beschaffenheit und des Kobaltgehaltes heissen solche Gemenge Erdkobalt.

Wolframverbindungen.

Von den Wolframverbindungen, die in der Natur vorkommen, hat nur eine als Erz Bedeutung, das ist der Wolframit, eine Mischung von wolframsaurem Eisen und Mangan $(Fe, Mn)WO_4$, eine andere, Scheelit, ist ein recht wichtiges Mineral, es ist wolframsaurer Kalk $CaWO_4$, die andern (Scheelbleierz $PbWO_4$, Hübnerit $MnWO_4$ und Reinit $FeWO_4$) sind unwichtig und wir übergehen sie.

Scheelit, nach dem Entdecker des Wolframs, dem Chemiker Scheele benannt, ist dem Kristallographen durch die Formenausbildung seiner Kristalle interessant. Sie gehören dem quadratischen System an und zeigen meistens nur eine quadratische Pyramide und immer ist eine solche Träger der Kombination, so dass der Habitus der Kristalle pyramidal ist, wie die Abbildungen auf Tafel 37 es zeigen, prismatische oder tafelige Formen kommen nicht vor. Die vorherrschende Pyramide (e in Figur 144) wird als solche zweiter Stellung $P\infty$ angenommen, bei näherer Betrachtung entdeckt man an ihren Ecken bisweilen allerhand kleine, glänzende Flächen, wie die Textfigur 144 zeigt. Die Flächen o gehören der Pyramide erster Stellung P an, die Flächen s haben die Lage der achtflächigen Doppelpyramide, gehören aber der Zahl nach einem Hemieder derselben $\frac{3P3}{2}$ an, ebenso die Flächen h dem Hemieder $\frac{P3}{2}$. Die Flächen s würden für sich eine Pyramide bilden, die Hemiedrie heisst darum die pyramidale Hemiedrie; bei vollflächiger Ausbildung müsste das Flächenpaar s, das hier rechts von o liegt, auch links davon liegen, was nicht der Fall ist. Wenn diese Flächen auch immer nur klein sind, so ist Scheelit doch der beste Vertreter der pyramidalen Hemiedrie des quadratischen Systems, die sonst noch an Scheelbleierz und Gelbbleierz, das wir bei den Bleiverbindungen kennen gelernt haben, vorkommt.

Fig. 144.



Scheelit.

Digitized by Google

Die Kristalle sind meist gelb in verschiedenen Nuancen (Figur 1—5 der Tafel 37), aber auch grau und weiss (Figur 6), durchsichtig oder nur durchscheinend, glänzend oder rauh und matt (Figur 4), ihre Härte ist $4^1/_2$—5, das spezifische Gewicht gleich 6,0. Nach den Flächen der Pyramide *o* geht eine ziemlich vollkommene Spaltbarkeit. Das reine Mineral besteht aus 19,44 % Kalk und 80,56 % Wolframsäure und seine Formel ist $CaWO_4$, oft aber ist ein Teil der Wolframsäure durch Molybdänsäure ersetzt, ein Beweis für die Verwandtschaft der Wolfram- und Molybdänverbindungen.

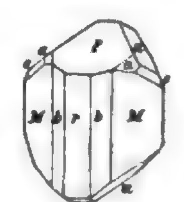
Von Salzsäure wird der Kalk ausgezogen, während die Wolframsäure als zitronengelbes Pulver zurückbleibt.

Verwitterungserscheinungen zeigt Scheelit im ganzen selten, dass er aber doch Umwandlungen unterworfen ist, beweist das Vorkommen von Pseudomorphosen, in denen seine Substanz durch die des Wolframits verdrängt ist (Figur 7).

Scheelit findet sich hauptsächlich auf Gängen in granitischen Gesteinen und ist da ein häufiger Begleiter von Zinnstein, tritt aber auch ohne diesen auf, ebenso wie Zinnstein ohne Scheelit. Auf Zinnsteingängen findet er sich bei Schlaggenwald (Figur 6 auf Tafel 37), Ehrenfriedersdorf, Zinnwald im Erzgebirge und in Cornwall. Auf andern Gängen am Riesengrund im Riesengebirge (Figur 2), bei Fürstenberg in Sachsen (Figur 1), beidemal von Flussspat begleitet; auf Spalten in Hornblendeschiefer am kleinen Mutschen im Etzlital und Kamegg bei Guttannen oberhalb Meiringen in der Schweiz (Figur 4), auf den Magneteisenlagern von Traversella (Figur 5), bei Dragoon in Arizona (Figur 3) Die in Figur 7 abgebildete Pseudomorphose von Wolframit nach Scheelit stammt von Lanes Mine, Monroe, Connecticut.

Wolframit oder kurz Wolfram genannt, ist eine Mischung von wolframsaurem Eisen mit wolframsaurem Mangan in wechselndem Verhältnis, so dass bald Eisen, bald Mangan überwiegt. Durch den Gehalt an diesen beiden Metallen ist das Mineral bräunlichschwarz bis pechschwarz und undurchsichtig, der Glanz ist halb metallisch, das spezifische Gewicht ist hoch, aber, wie die chemische Zusammensetzung, Schwankungen unterworfen und liegt zwischen 7,1 und 7,5. Der Strich ist rötlichbraun oder schwärzlichbraun.

Fig. 145.



Wolframit.

Recht charakteristisch sind die Kristalle, ihre Form ist gedrungen, plump, unvollständig, die Flächen liegen alle schief zueinander. Die genauere Untersuchung ergibt, dass sie monoklin sind, die gestreiften grossen Flächen werden als Vertikalprisma angenommen, die vordere Kante ist immer durch das Orthopinakoid abgestumpft, die grosse mittlere Fläche am Ende ist eine Schiefendfläche, die Flächen links und rechts davon (an dem Kristall der Figur 8 ist nur die rechts vorhanden) bilden ein Klinodoma. Die Flächen der Textfigur 145 bekommen die Naumannschen Zeichen:

$$r = \infty P\bar{\infty},\; b = \infty P2,\; M = \infty P,\; P = -\tfrac{1}{2}P\bar{\infty},\; n = \tfrac{1}{2}P\bar{\infty},\; u = P\grave{\infty},\; o = -P,\; s = -2P\grave{2}.$$

In Figur 9a und b ist ein Zwillingskristall abgebildet und in Figur 9a so gestellt, dass die gestreiften Säulenflächen aufrecht stehen, in Figur 9b auf die scharfe Kante gestellt, damit man den einspringenden Winkel besser sieht; Zwillingsebene ist das Orthopinakoid, der einspringende Winkel wird von den Endflächen gebildet. Parallel zu der als Kristallfläche nicht vorhandenen Symmetrieebene geht eine recht vollkommene Spaltbarkeit.

Die Kristalle treten verhältnismässig nur untergeordnet auf, hauptsächlich kommt Wolframit in körnigen, stengeligen und faserigen Massen vor, die man an ihrer Farbe, dem Strich und hohen Gewicht meist erkennt, andernfalls bedarf es genauerer Untersuchung; das lange geglühte Korn wird durch den Eisengehalt magnetisch, das feine

Digitized by Google

Pulver gibt, mit Soda und Salpeter auf Platinblech geschmolzen, eine durch Mangan blaugrüne Schmelze, bei Behandlung mit warmer Salzsäure bleibt ein gelber Rückstand von Wolframsäure.

Wolframit ist ein häufiger Begleiter von Zinnstein, tritt aber auch ohne diesen auf. Die grossen Kristalle kommen aus dem sächsisch-böhmischen Erzgebirge, die hier abgebildeten sind von Zinnwald; feinfaserige Massen mit äusserst seltenen und immer nur ganz kleinen Kriställchen werden in Spanien gewonnen, das in der Wolframproduktion an erster Stelle steht.

Es produzierte im Jahre 1900 Spanien 1958 Tonnen, Queensland (Wolfram Camp auf dem Hodgkinsonfelde) 188 Tonnen, Sachsen 43 Tonnen und Oesterreich 36 Tonnen.

Wolfram findet als Zusatz zu Stahl (Wolframstahl) technische Verwendung; je nach dem Wolframgehalt zeichnet sich dieser durch Härte oder Zähigkeit aus. Eine Legierung von Wolfram mit Aluminium, Partinium genannt, wird zum Bau von Automobilen benutzt. Das reine Wolframmetall hat wegen seiner schweren Schmelzbarkeit noch keine praktische Verwendung gefunden; es kann aber jetzt, ebenso wie Chrom, nach dem Goldschmidtschen Verfahren dargestellt werden. Es ist ein hartes, sehr schweres Metall (spezifisches Gewicht = 16), das sich zu Geschossen eignen würde, wenn es sich leichter verarbeiten liesse.

Molybdänverbindungen.

Molybdänglanz. Eine Molybdänverbindung haben wir bereits in dem Gelbbleierz bei den Bleiverbindungen (Seite 115) kennen gelernt, hier bleibt nur noch Molybdänglanz zu nennen übrig. Er bildet hexagonale, nach der Basis tafelige Kristalle (Figur 12 und 13 auf Tafel 37), die am Rande von stark horizontal gestreiften Prismenflächen begrenzt sind, meist aber fehlt ihm die seitliche Begrenzung vollständig, er bildet dann nur dünne, in Gestein eingewachsene Blättchen, die man nach ihrer äusseren Beschaffenheit leicht als Molybdänglanz bestimmen kann. Sie sind metallisch glänzend, bleigrau und undurchsichtig, färben wegen der geringen Härte (H = 1) leicht ab, sind fettig anzufühlen und besitzen nach einer Richtung vollkommene Spaltbarkeit. Von Graphit, der ähnliche Eigenschaften besitzt, unterscheiden sie sich durch ihre graue Farbe, ihr höheres spezifisches Gewicht, das 4,8 beträgt, und ihr chemisches Verhalten. Molybdänglanz ist die Verbindung von Molybdän mit Schwefel und nach der Formel MoS_2 zusammengesetzt; den Schwefelgehalt erkennt man am besten durch die Heparreaktion.

Molybdänglanz findet sich zusammen mit Zinnstein im sächsischen Erzgebirge bei Altenberg, Zinnwald und Schlaggenwald, ebenso in Cornwall. In der Nähe von Granit und andern Tiefengesteinen bei Auerbach an der Bergstrasse, bei Nertschinsk und andern Orten. Die grossen Kristalle kommen von Aldfield in Canada, grössere Massen treten im Hodgkinsonfeld in Queensland auf.

Molybdänglanz kommt nirgends in erheblicher Menge vor, ist aber doch das wichtigste Rohprodukt für die Darstellung der Molybdänpräparate, die zum Teil als chemische Reagentien benutzt werden. Aehnlich wie Wolfram wird auch Molybdän manchen Stahlarten zugesetzt.

Digitized by Google

Uranverbindungen.

Uranpecherz oder Pechblende. Dieses unscheinbare Mineral birgt in sich Stoffe mit sehr merkwürdigen, rätselhaften Eigenschaften, Stoffe, von denen Strahlen ausgehen, die ein Elektroskop entladen, die Luft elektrisch leitend machen, durch lichtdichten Verschluss auf die photographische Platte wirken und einen Leuchtschirm aus Baryumplatincyanür zu kräftiger Phosphorescenz bringen, für die man aber eine Energiequelle noch nicht hat nachweisen können; möglich, dass der Stoff selbst allerfeinste Teilchen von sich aussendet, welche diese wunderbaren Erscheinungen bewirken. Die ersten Mitteilungen hierüber hat im Jahre 1897 Henry Becquerel gemacht und nach ihm werden diese Strahlen Becquerelstrahlen genannt, sie werden auch nach ihrer Quelle als Uran- oder Radiumstrahlen bezeichnet. Es hat sich nämlich herausgestellt, dass die Strahlen nicht eigentlich von dem Uran ausgehen, sondern von andern Stoffen, die diesem in geringster Menge beigemischt sind und die mit Baryum und Wismut verwandt zu sein scheinen. Den einen davon hat man isolieren können und hat ihn Radium genannt, seine Verbindungen stimmen mit Baryumverbindungen in der Kristallform sehr nahe überein, der andere, den man als radioaktives Wismut oder Polonium bezeichnet, ist noch nicht rein dargestellt und es ist fraglich, ob überhaupt eine zweite radioaktive Substanz in dem Uranpecherz enthalten ist, ob nicht vielmehr Spuren von Radium in Wismut das Strahlungsvermögen erzeugen. Beide Strahlenarten sind für uns auch darum interessant, weil sie auf Diamant wirken und in diesem lebhafte Phosphorescenz hervorrufen, so dass er wie Baryumplatincyanür im Dunkeln leuchtet, wenn er von den Strahlen getroffen wird. Diese Wirkung ist so auffallend, dass Radium ein bequemes und sicheres Mittel abgibt, die Echtheit von Diamant zu prüfen, denn weder Glas noch Bergkristall zeigen eine erhebliche Phosphorescenz, ebensowenig Rubin, Saphir und Smaragd. Noch viel grössere Bedeutung würde Radium haben, wenn die in jüngster Zeit mitgeteilten Beobachtungen völlig einwandsfrei wären. Danach ist es Ramsay, dem Entdecker des Argons, gelungen, Radium in ein anderes, Helium genanntes Element überzuführen, die längst gesuchte Umwandlung eines Elementes in ein anderes, der Stein der Weisen wäre gefunden, die Entdeckung würde die Grundlagen unserer heutigen Chemie völlig umgestalten. Zunächst aber darf man wohl noch Zweifel daran hegen, ob Radium wirklich ein Element ist, ob es nicht vielmehr eine Verbindung oder ein Gemenge ist, dessen Eigenschaften man noch nicht völlig kennt. Wir werden hierüber von den Physikern und Chemikern sicher noch mehr zu hören bekommen.

Das Mineral, das diese Zauberstoffe birgt, bildet in der Regel völlig dichte, grünlichschwarze oder pechschwarze, fettglänzende, undurchsichtige Massen, deren freie Oberfläche krummschalig oder nierenförmig (Tafel 37, Figur 10) ist; Kriställchen, die dem regulären System angehören, gehören zu den grössten Seltenheiten. Wie viele solcher dichten Massen ist auch die Pechblende keine chemisch reine Verbindung, in der Hauptsache besteht sie aus Uranoxyden, die bis höchstens 80% in ihr enthalten sind, der Rest besteht aus Blei, Eisen, Wismut, Antimon, Thorium, Lanthan, Yttrium und Spuren von Radium.

Um Uran nachzuweisen, kann man in der folgenden Weise verfahren. Man löst ein wenig Pulver der Pechblende in Salpetersäure, dampft zur Trockene und setzt ein wenig Wasser und Natriumkarbonat hinzu. Einen Tropfen der filtrierten Lösung bringt man auf einen Objektträger, setzt einen Tropfen Essigsäure dazu und lässt verdunsten. Es bilden sich dann kleine reguläre Tetraeder von essigsaurem Uranylnatrium, die man unter dem Mikroskop deutlich erkennt.

Mit der chemischen Zusammensetzung ist das spezifische Gewicht grossen Schwankungen unterworfen und liegt zwischen 8 und 9,7; die Härte beträgt 5—6. Vor dem Lötrohr ist das Mineral unschmelzbar.

Als Fundort für Uranpecherz kommt nur Joachimstal in Böhmen in Betracht, wo es auf Erzgängen mit Silber-, Wismut-, Nickel- und Kobalterzen zusammen auftritt; hier wurden vor zehn Jahren etwa 22 Tonnen Uranerz jährlich gewonnen, durch Entdeckung des Radiums ist die Nachfrage grösser geworden. Es findet sich auch im sächsischen Erzgebirge bei Marienberg, Annaberg, Johanngeorgenstadt, in Schweden und Norwegen an verschiedenen Orten, aber immer nur in geringen Mengen.

Uranpecherz ist das Ausgangsprodukt für die Gewinnung aller anderen Uranverbindungen, die unter anderem zur Darstellung von grünem, fluorescierendem Uranglas benutzt werden, und in der neuesten Zeit hat es eben durch die in ihm enthaltenen radioaktiven Stoffe grössere Bedeutung erlangt. Radium wird ausser zu physikalischen Untersuchungen besonders zu ärztlichen Zwecken benutzt. Es besitzt alle Vorzüge der Röntgenstrahlen, dabei noch den unschätzbaren Vorteil, ein sehr beständiger Körper zu sein, der jederzeit zur Verfügung steht und ohne Anwendung von Apparaten seine Strahlen abgibt. Es ist bereits festgestellt worden, dass eine kleine Glasröhre mit Radium, nicht grösser als ein Gänsekiel, die wenig mehr als ein Milligramm des Stoffes enthält, ebenso wirksam ist, als ein kostspieliger und verwickelter elektrischer Apparat, und in der Behandlung von Krebs Erfolge gewährt, die die besten Leistungen der Röntgenstrahlen übertreffen. Die Leichtigkeit, mit der es lokal, z. B. in der Nase oder in der Kehle, angewandt werden kann, ist ein ausserordentlicher Vorzug. Der Umstand, dass Radium nicht nur Licht, sondern auch Wärme abgibt und noch einen ganz besonderen Einfluss auf selbstleuchtende Körper ausübt, hat die Hoffnung erweckt, dass es auch in der Beleuchtungsindustrie zu einer grossen Rolle berufen sein könnte. Eine ganz kleine Menge Radium vermag eine Schicht von Schwefelzink in kräftiges Leuchten zu bringen, und dies Licht hat den Vorzug, selbst keine Wärme zu erzeugen, so dass die bei allen anderen Beleuchtungsmitteln eintretende Verschwendung an Energie fehlt. Würden die Radiumstrahlen nicht auch eine gefährliche Eigenschaft besitzen, nämlich der menschlichen Haut schwere Brandwunden zuzufügen, so könnte man nur bedauern, dass der Stoff nicht mit geringeren Kosten beschafft werden kann.

In der Tat ein sehr merkwürdiger Stoff! Der Seltenheit entspricht sein Preis, ein Gramm kostet zur Zeit etwa 8000 Mark, und doch ist der Bedarf grösser als der Vorrat.

Uranglimmer. So unscheinbar die Farbe von Uranpecherz, so lebhaft und glänzend ist die von Uranverbindungen; man wird bei ihrem Anblick an die Phosphorescenzfarben erinnert, in denen andere Stoffe unter dem Einfluss von Röntgen- oder Radiumstrahlen leuchten. Die häufigsten von diesen Verbindungen besitzen vollkommene Spaltbarkeit nach einer Richtung, wie Glimmer, und werden darum Uranglimmer genannt; es sind Mineralien, in denen Uranoxyde mit Phosphorsäure oder Arsensäure verbunden sind und die ausserdem entweder Kalk oder Kupfer enthalten; alle haben einen Gehalt von acht Molekülen Wasser gemeinsam; wir nennen die folgenden vier:

Kalkuranit $CaO \cdot 2UO_3 \cdot P_2O_5 + 8H_2O$, Kupferuranit $CuO \cdot 2UO_3 \cdot P_2O_5 + 8H_2O$,
Uranospinit $CaO \cdot 2UO_3 \cdot As_2O_5 + 8H_2O$, Zeunerit $CuO \cdot 2UO_3 \cdot As_2O_5 + 8H_2O$.

Als Vertreter dieser Gruppe von zum Teil seltenen Mineralien führen wir Kupferuranit in Figur 11 der Tafel 37 vor. Es sind immer dünntafelartige, meist sehr kleine und zu unregelmässigen Gruppen vereinigte Kriställchen, die durch lebhafte gras- und smaragdgrüne Farbe und Perlmutterglanz auf der tafeligen Fläche ausgezeichnet sind.

Sie gehören nach ihrer Form und optischem Verhalten dem quadratischen System an, die grosse Fläche ist die Basis, rings am Rande liegen sehr schmale Flächen von Pyramiden oder Prismen. Parallel zu der tafeligen Fläche lassen sich infolge der vollkommenen Spaltbarkeit leicht dünne Blättchen abheben, die im Apparat für konvergentes polarisiertes Licht das Interferenzbild optisch einachsiger Kristalle geben (Tafel 4, 1).

Die Härte ist etwa die von Gips, das spezifische Gewicht beträgt 3,5.

Den Kupfergehalt kann man leicht daran erkennen, dass ein Blättchen, mit Salzsäure befeuchtet, die Flamme blau färbt.

Das Mineral findet sich bei Johanngeorgenstadt in Sachsen, Joachimstal in Böhmen, die schönsten und grössten Kristalle aber kommen von Redruth in Cornwall, und von hier ist das auf der Tafel 37 abgebildete Stück.

Der Kalkuranit ist zeisiggrün bis schwefelgelb, in der Form dem Kupferuranit sehr ähnlich, gehört dem rhombischen System an, ebenso der seltene Uranospinit, während der Zeunerit wie Kupferuranit quadratisch und smaragdgrün ist.

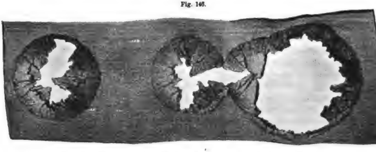
Auch in diesen Uranmineralien, wie in einigen andern, an seltenen Erden reichen Mineralien sind Spuren von radioaktiven Substanzen nachgewiesen worden.

Zinnerze.

Bronze, die wir als eine Legierung von Kupfer und Zinn kennen gelernt haben (Seite 104), ist die älteste bekannte Legierung, Zinnerze sind also sicher seit der Periode in der Entwicklung des Menschengeschlechtes, die man die Bronzezeit nennt und die in die früheste Zeit menschlicher Kultur fällt, bekannt, unentschieden ist nur, ob das Metall für sich auch damals schon oder früher aus seinen Erzen abgeschieden wurde; bei der Leichtigkeit, mit der das aus dem Schwemmland gewonnene Zinnerz ausgeschmolzen werden kann, ist dies nicht unwahrscheinlich und jedenfalls ist metallisches Zinn schon frühzeitig verwendet worden; in den Pfahlbauten der Schweiz hat man mit Stanniolstreifen belegte Tongefässe und Knöpfe und andere kleine Gegenstände gefunden und in Gräbern auf Amrum mancherlei Zinngeräte. Die Seltenheit von Zinngegenständen aus den ältesten Zeiten darf nicht überraschen, sie erklärt sich durch ein sehr merkwürdiges Verhalten, eine Krankheit des metallischen Zinns. Es ist in frischem Zustand, wie bekannt, weiss, glänzend und geschmeidig und kann zu dünnen Blättchen (Stanniol) ausgewalzt werden. Diese Eigenschaften behält es aber nicht immer; andere Metalle ändern sich dadurch, dass sie sich, wie Kupfer und Eisen, mit Bestandteilen der Luft oder des Wassers verbinden und hierdurch in eine neue Verbindung übergehen, Kupfer in Malachit, Eisen in Eisenhydroxyd, Zinn aber bleibt Zinn, nur wird es grau, matt und zerfällt in feines Pulver, besonders wenn es starker Kälte und Feuchtigkeit ausgesetzt war, aber auch in trockenem Zustand; und sobald ein Zinngefäss von dieser »Zinnpest« befallen ist, ist es unrettbar verloren, die Umwandlung greift um sich, das Zinn wird brüchig, zerfällt zu Pulver, dieses wirkt ansteckend und durch seine Verbreitung kann es zur Zerstörung vieler Zinngegenstände beitragen. In der Textfigur 146 sehen wir einen Streifen von der Zinnpest befallenes Zinn naturgetreu abgebildet. Beispiele für solchen Verfall sind in neuerer Zeit vielfach bekannt geworden, in St. Petersburg sind im Jahre 1868 in einem Lagerraum des Zollgebäudes Blöcke von Banca-Zinn zerfallen, in einem russischen Kronmagazin hat man an Stelle von zinnernen Uniformknöpfen eine formlose, zu Staub zerfallene Masse gefunden, eine Ladung von Bancazinn, die im Winter 1877 von Rotterdam nach Moskau mit der Eisenbahn versandt war, ist dort zum grossen Erstaunen des Empfängers als

Pulver angekommen. In finnländischen Kirchen sind Orgelpfeifen zerstört, in neuester Zeit ist das aus gegossenen Zinnplatten bestehende Dach des Postgebäudes in Rothenburg a. d. Tauber von der Zinnpest ergriffen worden. Das Zinn erleidet hierbei eine Umwandlung seines Gefüges, die mit einer beträchtlichen Volumenzunahme verbunden und mit der Umwandlung des aus Schmelzfluss kristallisierten Schwefels zu vergleichen ist, mit

Fig. 146.



Von der Zinnpest ergriffenes Zinn. Nach J. Fritsche.

dem Unterschied, dass bei Zinn die Umwandlung viel schwerer eintritt als bei Schwefel; und wie rhombischer Schwefel in monoklinen, so kann auch das graue Zinn durch Erwärmen in das gewöhnliche weisse Zinn wieder übergeführt werden. Das Zinn von allen unseren Zinngeräten ist bei gewöhnlicher Temperatur (bis zu 20° C.) unbeständig und kann die Umwandlung erleiden, begünstigt wird sie durch niedere Temperatur, Gegenwart von grauem Zinn oder der Lösung eines Zinnsalzes.

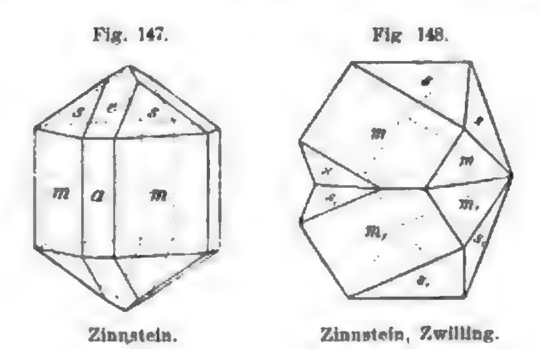
Der allgemeinen Verwendung des Zinnerzes zu Bronze und Zinn steht seine geringe Verbreitung gegenüber, nur ein Mineral hat als Zinnerz Bedeutung, das ist der Zinnstein, und nur in wenigen Gegenden findet er sich in abbauwürdiger Menge. Ausser in Zinnstein kommt Zinn als wesentlicher Bestandteil in Zinnkies, $FeCu_2SnS_4$, in dem germaniumhaltigen Franckeit, $Pb_5Sn_2Sb_2S_{12}$, und dem in walzförmigen cylindrischen Formen auftretenden Kylindrit, $Pb_6Sn_6Sb_2S_{21}$, vor, diese sind aber selten und spielen als Erz gar keine Rolle, wir kommen nicht weiter auf sie zurück.

Zinnstein oder Kassiterit ist eine Verbindung von Zinn mit Sauerstoff, SnO_2, und enthält in reinem Zustand 78,6% Zinn, meist aber enthält er Eisenoxyd beigemischt, wodurch der Zinngehalt herabgedrückt wird. Wenn man ein Körnchen fein reibt, mit Soda oder Cyankalium mischt und auf Kohle mit dem Lötrohr schmilzt, scheiden sich bald Flitterchen von metallischem Zinn aus, die man leicht an ihrer Farbe und ihrem Glanz erkennt, wenn man die Schmelze in einer Reibschale verreibt und abschlämmt. Von Säuren wird Zinnstein so gut wie gar nicht angegriffen. Dem rohen Zinnstein sieht man nicht an, dass er das weisse Metall enthält, er ist nahezu schwarz, nur an dünnen Stellen oder über Bruchflächen kolophoniumbraun durchscheinend (wie der Kristall 5 auf Tafel 38), selten sind die Kristalle heller gelblichbraun (Figur 2) oder gar farblos; die Oberfläche besitzt oft sehr lebhaften Glanz. Dass in dem Mineral ein schweres Metall enthalten ist, beweist das hohe spezifische Gewicht von 6,8—7. Die Härte beträgt 6—7.

Ausgezeichnet ist die Kristallisation von Zinnstein, er ist quadratisch und seine im ganzen seltenen einfachen Kristalle (Textfigur 147) sind von dem Prisma $\infty P(m)$ und einer Pyramide erster Stellung $P(s)$ begrenzt, wozu oft noch das Prisma und eine Pyramide

zweiter Stellung, $\infty P\infty (a)$ und $P\infty (e)$, hinzutritt. Der Kristall 1 auf Tafel 38 entspricht genau dieser Abbildung, während der etwas abgerollte Kristall 2 wohl dieselben Flächen zeigt, nur mit dem Unterschied, dass die Pyramide P klein und die Pyramide $P\infty$ gross ist. Die Flächen der Pyramide P bilden einen Winkel von $121^{3}/_{4}{}^{0}$ miteinander. Die Oberfläche der Kristalle ist glatt oder mit mehr oder weniger regelmässigen Erhabenheiten (Figur 3) versehen. Ein Kristall mit sehr regelmässiger Zeichnung, sogenannter parkettierter Oberfläche, ist auf der Lichtdrucktafel 19 in Figur 8 abgebildet. In der Regel sind die Zinnsteinkristalle Zwillinge, die wegen ihrer Form, die an ein aufgeklapptes Visier erinnert, von den sächsischen Bergleuten Visiergraupen genannt worden sind. »Die Figur der Graupen selbst distinguieret dieses Erz von allen andern in der Welt«; die Kristalle 3, 4 und 5 auf Tafel 38 zeigen diese Form besonders schön. Die zu einem Zwilling verwachsenen Kristalle haben eine Fläche der Pyramide der zweiten Stellung $P\infty$ gemeinsam, in der Textfigur 148 die Fläche, welche die obere Kante der Pyramide s abstumpfen würde; die einspringenden Winkel werden von den Pyramidenflächen gebildet und treten um so mehr hervor, je grösser, um so weniger, je kleiner die Pyramidenflächen sind; wenn diese sehr klein, die Prismenflächen gross sind, treten gar keine einspringenden Winkel mehr auf, die Zwillinge haben dann knieförmige Gestalt, wie die, die wir bei Rutil kennen lernen werden. In Figur 6 der Tafel 38 ist ein solcher abgebildet, die schmale helle Fläche ist die von einem Prisma der zweiten Stellung, der Kristall liegt hier gegenüber dem in der Textfigur 148 horizontal; zugleich wiederholt sich bei ihm die Zwillingsbildung, indem der aufrechte Teil rechts in Zwillingsstellung zu dem darunter befindlichen steht. Durch mehrfach wiederholte Zwillingsbildung und unregelmässige Verwachsung entstehen die knäuelartigen Gruppen der Figur 7 und 8; in dem grossen Zwilling von 8 sind die Pyramidenflächen gross, die Prismenflächen schmal.

Fig. 147. Fig. 148.



Zinnstein. Zinnstein, Zwilling.

So grosse Kristalle wie die hier abgebildeten sind nicht gerade häufig, meist sind sie kleiner und weniger gut ausgebildet oder das Erz tritt in Körnern auf, die bis mikroskopisch klein und im Gestein eingesprengt sind; seltener sind fein radialfaserige, nahezu dichte Massen, die zugleich konzentrisch-schalig sind und eine rundliche, nierenförmige, rauhe Oberfläche haben, Figur 10 auf Tafel 38 zeigt uns ein solches Stück. Weil es in Farbe und Zeichnung an Holz erinnert, wird diese Art Holzzinn genannt, es ist aber kein versteinertes Holz, sondern nur eine besondere Strukturform, ähnlich der von Brauneisenstein, Schalenblende oder Malachit.

Endlich kommt Zinnstein auch in Pseudomorphosen vor (Tafel 38, 9). Ihre Form ist die des gemeinen Feldspats, die Substanz aber besteht aus einem Gemenge von Zinnstein und Quarz, sie beweisen uns, dass das Gestein, in dem der Feldspat einen wesentlichen Gemengteil bildete, nachträglich Veränderungen unterworfen war und dass sich hierbei Zinnstein gebildet hat.

Zinnstein tritt in der Regel in Verbindung mit alten granitischen Gesteinen in oft sehr schmalen Gängen auf, die den Granit und die Nebengesteine durchschwärmen, oder er imprägniert in der Umgebung dieser Gänge den Granit selbst und ist begleitet von Quarz (Tafel 52, 2), Wolframit (Tafel 37, 8 und 9), Flussspat (Tafel 71, 4), Topas, Lithionglimmer, Turmalin, Scheelit, gediegen Wismut, Molybdänglanz und anderen Mineralien. Wie in den oben erwähnten Pseudomorphosen, so ist auch der Feldspat in dem den Gängen benachbarten Granit in ein Gemenge von Quarz, Zinnstein, Topas und Lithionglimmer umgewandelt

Digitized by Google

und das Gestein heisst in diesem Zustand Greisen oder Zwitter. Man nimmt an, dass nach der Eruption des Granit heisse Quellen auf zahllosen Spalten aus dem Erdinnern hervorgebrochen seien, die die Bestandteile von Zinnstein und seiner Begleitmineralien enthielten, und dass sich aus ihnen und durch ihre Einwirkung auf den Granit alle die oben genannten Mineralien gebildet haben. Diese Annahme findet eine Stütze in dem Experiment, denn es ist Daubrée gelungen, aus Dämpfen von Zinnchlorid und überhitztem Wasser Zinnstein darzustellen; aus dem Fluorgehalt der den Zinnstein begleitenden Mineralien darf man ferner schliessen, dass in der Natur der Zinnstein aus Zinnfluorid und Wasserdampf entstanden sei und dass die kräftig wirkenden Fluorverbindungen die Umwandlung des Granit in Greisen bewirkt haben. Als eine weitere Stütze für jene Annahme mag angeführt werden, dass der von der warmen Quelle Ajer Panas in Selangor auf Malakka abgesetzte Kieselsinter $^1/_2$% Zinnoxyd enthält.

In der hier angegebenen Weise tritt Zinnstein auf bei Altenberg, Zinnwald, Graupen, Ehrenfriedersdorf und Schlaggenwald im sächsisch-böhmischen Erzgebirge (Kristall 3, 4, 5, 7 und 8), auf der Halbinsel Cornwall in England, zu Villeder im Departement Morbihan in Frankreich (Kristalle 1 und 6), auf den malayischen Inseln Bangka und Billiton, der Halbinsel Malakka, in Neu-Südwales und Tasmanien; für die Gewinnung des Zinnsteins sind aber zur Zeit diese gangförmigen Vorkommnisse weniger wichtig als die Seifen, auf die wir gleich zu sprechen kommen. Das auf ursprünglicher Lagerstätte vorkommende Zinnerz wird Bergzinn genannt.

Anders als auf diesen Lagerstätten tritt das Zinnerz auf dem Hochplateau von Bolivia in der Umgebung von Oruro und Potosi auf, es steht hier nicht mit dem alten Granit, sondern mit jungen, sauren Eruptivgesteinen, Trachyt und Andesit, in Verbindung und ist von Zinnkies, Wolframit, Silber-, Kupfer- und Wismuterzen begleitet, es fehlen aber die fluor- und chlorhaltigen Mineralien Flussspat, Apatit, Topas, auch Turmalin, die sonst ständige Begleiter von Zinnstein sind, und das Erz tritt nicht in den schönen Kristallen, sondern in Gestalt von Holzzinn auf (Figur 10 auf Tafel 38) und die Gänge sind nur in ihren oberen Teufen reich daran, während in der Tiefe Schwefelverbindungen überwiegen. Stelzner, seinerzeit der beste Kenner der Erzlagerstätten, hält es daher für wahrscheinlich, dass hier das Zinn ursprünglich an Zinnkies gebunden war, dass dieser durch die Atmosphärilien zerstört und das Zinn oxydiert worden sei, so dass sich das Holzzinn aus Zinnkies gebildet habe, wie etwa Brauneisenstein aus Schwefelkies oder wie Rotkupfererz und Brauneisenstein aus Kupferkies in dem eisernen Hut von Gängen, und Zinnoxyd musste sich bilden, weil es an der Erdoberfläche sicher die beständigste Zinnverbindung ist.

Hiermit stimmt gut das Auftreten von Zinnstein in Seifen als Seifenzinn. Das Gebirge und die Gänge, welche Zinnerz führen, werden durch die Atmosphärilien zerstört und ihr Material durch die fliessenden Gewässer fortgeführt. Zinnstein wird wohl mechanisch abgerollt, chemisch aber nicht angegriffen, da er gegen alle chemischen Reagenzien, die stärksten Säuren wie die schwach wirkenden Atmosphärilien, ausserordentlich widerstandsfähig ist. Andere etwa vorhandene zinnführende Mineralien, wie Zinnkies, werden zersetzt, das Zinn wird oxydiert und als Holzzinn abgeschieden, so erklärt es sich, dass Holzzinn auf Seifen im allgemeinen verbreiteter ist, als auf Gängen. Auch die meisten Begleitmineralien werden von den Atmosphärilien zerstört, oder, weil sie leichter sind als Zinnstein, durch die fliessenden Wässer mechanisch von ihm getrennt, so dass der Zinnstein der Seifen immer viel reiner und zur Verhüttung geeigneter ist, als der der Gänge. Das zuerst von den Menschen benutzte Zinnerz ist sicher Seifenzinn gewesen und das meiste heute produzierte Zinn stammt von Seifenzinn.

Zinn produzierende Länder. Am reichsten an Zinn ist die malayische Halbinsel Malakka (die Straits Settlements), wo das Zinn auf Gängen, besonders aber

Digitized by Google

auf Seifen vorkommt und die vier Siebtel der Zinnausbeute der ganzen Welt liefert; der in Figur 2 auf Tafel 38 abgebildete Kristall stammt von hier aus Selangor. Viele der reichsten Seifen sind bereits ausgebeutet, doch bringt jetzt die Bearbeitung der in fast unbegrenzter Ausdehnung vorhandenen Seifen mit geringerem Zinngehalt infolge der höheren Zinnpreise sehr lohnenden Gewinn, und ein Sinken der Produktion in den malayischen Staaten ist in absehbarer Zeit nicht zu erwarten und sollte es doch später einmal eintreten, so werden die bis jetzt noch unerforschten Staaten im Norden der Halbinsel die Lieferung für den Weltbedarf fortsetzen können. Die reichsten Vorkommen finden sich in einem Streifen von der Nordgrenze von Malakka durch die föderierten Staaten, durch den Staat Kedah, am Isthmus von Kra entlang und weit nach Birma hinein, kaum ein Tal kommt hier vor, welches nicht mehr oder weniger Zinnerz enthielte. Der Zinnreichtum dieses Gebietes ist schon lange vor der christlichen Zeitrechnung bekannt, von hier haben Inder und Chinesen seit uralter Zeit ihr Zinn bezogen.

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse auf den in holländischem Besitz befindlichen Inseln des malayischen Archipels, unter denen besonders Bangka (bekannt seit 1710) und Billiton (seit 1852) reich an Zinn sind. Die Bearbeitung der Seifen geschieht durch Chinesen unter Aufsicht europäischer Ingenieure. Auch in Siam, China und Japan wird Zinn gewonnen, in den beiden letzteren Reichen aber nicht soviel, dass davon exportiert würde.

Dem Zinnvorkommen in Asien schliesst sich das in Australien (seit 1872) vollkommen an, es ist ausser in Neu-Seeland in allen Kolonien weit verbreitet, und die Lagerstätten können als die Fortsetzung der malayischen betrachtet werden. Das Auftreten des Zinnerzes ist in allen Kolonien dasselbe, man findet echte Gänge und Einsprengungen in Granit und Porphyr und ausgedehnte Seifen. Diese haben nicht nur ganz junges Alter, sondern sind auch tertiär, und in vielen Fällen hat sich über die alten Flussablagerungen Basaltlava ergossen und sie so vor Zerstörung bewahrt. Das Vorkommen von Zinnerz gleicht so bis ins einzelne dem von Gold, denn auch Goldseifen in Kalifornien sind von Basaltdecken überlagert. Eins der reichsten Lager ist das des Mount Bischoff im nordwestlichen Tasmanien, das seit dem Jahre 1873 auf Seifen und Gängen abgebaut wird; andere Zinnerzgebiete liegen in Neu-Südwales an der Grenze gegen Queensland (Vegetable Creek District), in Queensland selbst (Herberton District) und in Westaustralien.

In Amerika liefert Bolivia (seit ca. 10 Jahren) das meiste Zinn. Seifen spielen hier keine Rolle, die Gänge werden in grösserem Massstab erst seit etwa zehn Jahren abgebaut, die Art des Vorkommens haben wir bereits kennen gelernt. In Mexiko findet sich Zinnerz weit verbreitet, ohne dass es in der Produktion eine Rolle spielte. In Alaska sind kürzlich Zinnseifen entdeckt worden, über ihre Reichhaltigkeit ist aber noch nichts Genaueres bekannt.

In Europa ist das einzige bedeutende Zinnerz produzierende Gebiet Cornwall, sein Reichtum an Zinn war schon im Altertum bekannt. Der grösste Gang ist der $2^1/_4$ engl. Meilen lange Dolcoath Main Lode, der in den Gruben Carn Brea, Tincroft, Dolcoath Limited, Cooks Kitchen abgebaut wird. Die grösste Jahresproduktion an Zinnerz fällt in das Jahr 1871 und betrug 16759 Tonnen, seitdem war sie stetig zurückgegangen, weil der Zinnpreis stark gesunken ist, mit diesem hat sie sich wieder gehoben. Die Zinnerzgebiete von Sachsen und Böhmen haben im vierzehnten bis sechzehnten Jahrhundert ihre Hauptblütezeit gehabt, jetzt haben sie fast nur noch wissenschaftliches Interesse oder werden auf Wolframit ausgebeutet.

In Frankreich wurde Zinn in verschiedenen Teilen der Bretagne, hauptsächlich bei Piriac und La Villeder gewonnen. Die zahlreichen Versuche hatten aber keinen dauernden Erfolg aufzuweisen.

Auf der iberischen Halbinsel erstreckt sich das Zinnerzgebiet durch die spanischen Provinzen Zamora, Pontevedra und Orense und die portugiesische Provinz Traz oz Montes; das Zinnerz tritt auf Gängen und Seifen auf und wurde mehrere Jahrhunderte hindurch gewonnen, wahrscheinlich haben die Römer von hier ihr erstes Zinn bezogen. Die Zinnerzproduktion Spaniens betrug im Jahre 1897 2378 Tonnen, das Erz ist aber arm an Zinn.

Auch in Italien sind in Toskana Zinnlagerstätten bekannt und die Etrusker sollen hier Zinn gegraben haben, die Erze sind aber sehr geringwertig.

Ueber die gesamte Zinnproduktion im Jahre 1901 gibt die folgende Tabelle Auskunft; die Produktion der hier nicht genannten Länder beträgt weniger als $^1/_2\,\%$ der Gesamtproduktion.

Die Zinnproduktion der Welt im Jahre 1901 betrug:

Straits Settlements	*50352*	Tonnen
Niederländische Inseln	*19350*	„
Bolivia	*7400*	„
Australien	*3076*	„
Cornwall	*4700*	„

Der Durchschnittspreis für die englische Tonne (1016 kg) Zinn belief sich im Jahre 1900 auf etwa 2700 Mark, das ist doppelt so viel als im Jahre 1897.

Die Verwendung von Zinn ist sehr mannigfaltig und Zinn ist kulturgeschichtlich eins der wichtigsten Metalle. Seine frühzeitige Verwendung mag mit darauf beruhen, dass es aus dem Seifenzinn, das man sicher zuerst gewonnen hat, durch Schmelzen mit Kohle sehr leicht abgeschieden werden kann; und dieses Zinn ist zugleich sehr rein, während das aus dem Bergzinn ausgeschmolzene Zinn immer noch etwas Kupfer, Eisen und Arsen enthält. Es wird für sich und in Legierung mit Blei oder Antimon zu Gerätschaften, Tafelgeschirr, Spielsachen, Orgelpfeifen, Münzen und Platten, zum Verzinnen von Eisenblech (Weissblech) und von Kupfer benutzt. Von den andern Legierungen sind die Bronzen, die wir bei Kupfer (S. 104) kennen gelernt haben, besonders wichtig. In dünne Blättchen ausgewalzt, bildet Zinn das bekannte Stanniol, das zum Verpacken von Speisen und mit Quecksilber zum Belegen von Spiegeln benutzt wird.

Salze von Zinn finden in der Färberei Verwendung, indem sie bewirken, dass der Farbstoff sich mit der Gespinstfaser innig verbindet.

Titanverbindungen.

Die auf Tafel 39 abgebildeten drei Mineralien Rutil, Anatas und Brookit haben die gleiche Zusammensetzung, aber verschiedene Form und verschiedene physikalische Eigenschaften. Sie bestehen aus Titandioxyd TiO_2, gewöhnlich Titansäure genannt. Rutil ist quadratisch mit prismatischer Gestalt, Anatas quadratisch mit pyramidaler Gestalt, Brookit aber rhombisch, es liegt hier ein ausgezeichneter Fall von Polymorphie vor.

Rutil. Bei diesem Mineral bietet die Entwicklung der Kristallformen manches interessante und wir wollen mit ihrer Betrachtung beginnen.

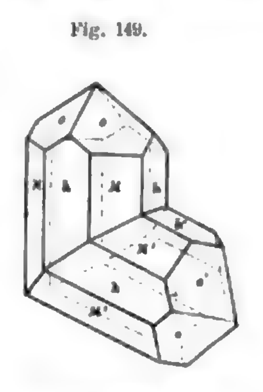
Dass die Kristalle dem quadratischen System angehören, kann man an den im ganzen nicht sehr häufigen einfachen Kristallen leicht erkennen. Der Kristall Tafel 39, 1 ist (wie die Textfigur 147 bei Zinnstein) von einem quadratischen Prisma erster und zweiter Stellung und einer Pyramide erster und zweiter Stellung begrenzt. Die hier klein

Digitized by Google

entwickelte Pyramide, deren Flächen sich unter einem Winkel von 123° 8′ schneiden, wird als Pyramide erster Stellung *P* angenommen, die andere, hier gross entwickelte Pyramide, welche die Kanten der ersteren gerade abstumpft, ist dann die Pyramide zweiter Stellung *P*∞, das Prisma unter ihr gleichfalls zweiter Stellung, ∞*P*∞, das andere ist das erster Stellung ∞*P*; an dem Kristall 3, der von der gleichen Fläche begrenzt ist, gehört die rechteckige Fläche oben zur Pyramide der zweiten Stellung, er kommt in seiner Ausbildung der Textfigur 147 am nächsten. Der Kristall der Figur 2 zeigt wieder dieselben Flächen, nur sind die Prismenflächen gerundet und vertikal gestreift; auch in Figur 4 sind sie gerundet und gestreift, als Endbegrenzung ist hier nur die Pyramide vorhanden. Der scharfe Kristall der Figur 5 ist von dem Prisma erster und zweiter Stellung und der Pyramide zweiter Stellung begrenzt; nur sehr klein und unvollständig, im Bild darum nicht zu sehen, ist auch die Pyramide erster Stellung entwickelt.

Viel häufiger als einfache Kristalle sind bei Rutil Zwillinge; ihre Verwachsung erläutern uns die beiden Textfiguren 149 und 150, in denen *o* die Pyramide erster Stellung *P*, *M* das Prisma erster Stellung, *h* das Prisma zweiter Stellung sein soll, die Fläche, die je zwei Kristalle gemeinsam haben, ist eine Fläche der Pyramide der zweiten Stellung *P*∞, diese ist also Zwillingsebene; in der Textfigur 149 ist ein Zwilling, in Figur 150 ein Drilling nach diesem Gesetz abgebildet; die Verwachsung kann sich nach derselben oder nach den andern Flächen der Pyramide *P*∞ mehrfach wiederholen. An den Kristallen fehlen meist die Endflächen, charakteristisch für die Zwillinge ist ihre knieförmige Gestalt, erzeugt durch die unter einem Winkel von 114° 25′ zusammenstossenden vertikal gestreiften Prismen. Figur 7 der Tafel 39 zeigt uns diese Gestalt deutlich, in dem unteren Teil stehen die Prismenflächen aufrecht, die Zwillingsbildung wiederholt sich mehrmals nach derselben Pyramidenfläche, darum der treppenförmige Bau; auch in Figur 6 und 8 sind die knieförmigen Zwillinge gut zu erkennen, es sind jedesmal wenigstens drei Individuen zum Zwilling vereinigt. Am Kristall der Figur 9 sind wenigstens sechs Individuen miteinander verwachsen. Die schmalen helleren Flächen liegen in einer Ebene und gehören Flächen von dem Prisma der zweiten Stellung (wie *h′*, *h*, *h″* der Textfigur 150) an. In Figur 10 vereinigen sich acht Individuen zu einem ringförmig geschlossenen Zwilling. Die Kristalle der Figur 11 sind nach einer steilen Fläche 3 *P*∞ miteinander verwachsen. An der Textfigur 151, die uns diese Verwachsung erläutert, sind die Prismenflächen, wie an dem natürlichen Kristall Tafel 39, 11, vertikal gestreift, die Pyramidenflächen sind an dem natürlichen abgerollten Kristall unscharf. Die Kristalle sind mit einer Fläche, welche die Lage der steilen Pyramide 3 *P*∞ hat, verwachsen und diese wird als Zwillingsebene angenommen.

Fig. 149.

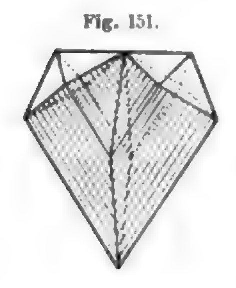


Rutil, Zwilling nach *P*∞.

Fig. 150.

Rutil, wiederholte Zwillingsbildung.

Fig. 151.



Rutil, Zwilling nach 3 *P*∞.

Damit ist die Mannigfaltigkeit in der Formenausbildung von Rutil noch nicht erschöpft; alle die bisher vorgeführten Kristalle sind verhältnismässig plump, sehr zierliche Gebilde sehen wir auf der Lichtdrucktafel 19 in Figur 9 und 10. Dünne, zierliche Säulchen sind hier nach einem oder den beiden genannten Gesetzen miteinander verwachsen oder bilden in vielfacher Wiederholung netzförmige Gebilde, wie das der Figur 10; bisweilen

Digitized by Google

wird das Gewebe noch viel feiner wie hier. Derartige netzförmige Wachstumsformen von Rutil haben einen besonderen Namen Sagenit bekommen. Ebenso fein nadel- und haarförmig ist der in Bergkristall bisweilen eingeschlossene Rutil, bald in netzförmiger Verwachsung (Tafel 54, 8), bald in strahligen Büscheln (Tafel 55, 4).

Von den drei Arten der Titansäure ist die als Rutil kristallisierte die beständigste, was man daraus erkennt, dass Kristalle von Anatas (Tafel 39, 17) und Brookit (Tafel 19, 13) manchmal in Rutil umgewandelt vorkommen, nicht aber umgekehrt; auch durch starkes Erhitzen lassen sich diese beiden in Rutil überführen. Bei der natürlichen Umwandlung bleibt die ursprüngliche Form erhalten, sie ist aber nicht mehr von einheitlicher Substanz ausgefüllt, sondern besteht aus kleinsten, nach verschiedenen Richtungen gelagerten Rutilprismen, die der Oberfläche einen moiréartigen Schimmer verleihen; im reflektierten Licht erscheinen daher Teile derselben Fläche hell, andere dunkel (Tafel 19, 13).

Dass Rutil öfters mit Eisenglanz regelmässig verwächst, haben wir bereits gesehen (Seite 144); seltener findet man Kristalle, die die Form von Eisenglanz haben, deren Substanz aber in der Hauptsache Rutil ist (Tafel 19, 11 und 12); auch hier sind die kleineren Rutilprismen nach drei Richtungen regelmässig gelagert und es ist nicht leicht zu entscheiden, ob eine regelmässige Verwachsung von Rutil mit Eisenglanz vorliegt, bei der Rutil im extrem überwiegt, oder eine Umwandlung; die Forscher, welche diese Dinge genauer untersucht haben, nehmen das letztere an. An dem grösseren Kristall der Tafel 19, 12 ist ausser Rutil auch Magneteisen zu bemerken, das dem Ganzen so eingefügt ist, dass eine Oktaederfläche der Basis, eine andere einer Pyramidenfläche des Eisenglanzes parallel geht, also auch hier eine regelmässige Verwachsung.

Auch die physikalischen Eigenschaften von Rutil sind in mancher Hinsicht bemerkenswert, besonders seine hohe Lichtbrechung und starke Doppelbrechung, die in den Brechungsexponenten ihren Ausdruck findet: es ist der Brechungsexponent für den ordentlichen Strahl 2,6158, für den ausserordentlichen 2,9029, die Lichtbrechung ist also stärker als in Diamant, die Doppelbrechung stärker als in Kalkspat, schade, dass das Mineral nicht farblos und durchsichtig ist.

Seine Farbe ist dunkelrot, ins Braune und Schwarze gehend, auf glatten Flächen besitzt es metallartigen Diamantglanz, es ist nur durchscheinend oder undurchsichtig, der Strich ist gelblichbraun. Die dunkle Farbe wird sicher durch Eisenoxyd bewirkt, das in Mengen von $2^1/_2$—14% in Rutil enthalten ist, aber nicht körperlich, sondern in der Rutilsubstanz gelöst wie ein Salz in Wasser.

Das spezifische Gewicht des Rutil liegt bei 4,2; an dem Kristall der Figur 5 habe ich es zu 4,20, an dem der Figur 11 zu 4,23 bestimmt, in dem eisenreichen steigt es bis zu 4,5; die Härte beträgt $6—6^1/_2$.

Parallel zu den Flächen der beiden Prismen geht eine recht vollkommene Spaltbarkeit.

Rutil findet sich auf Gängen in kristallinischen Gesteinen (Granit) zusammen mit Bergkristall und bisweilen in diesen eingewachsen (Tafel 54, 8 und Tafel 55, 4), und ist da nicht selten begleitet von Anatas, Brookit und Eisenglanz. So findet sich Rutil in den Alpen: Binnental im Wallis (Tafel 39, 2, 6; Tafel 19, 11, 12), Tavetsch in Graubünden (39, 9) Medels (Tafel 19, 9, 10); in Norwegen (Tafel 39, 1), Ural (8), Nord-Amerika (3, 7, 10), Brasilien (Tafel 39, 11 und Tafel 55, 4) etc. hier auch in Geröllen, auf Seifen; der Kristall der Figur 11 ist abgerollt und in einer Seife gefunden.

In abbauwürdiger Menge findet sich Rutil in Skandinavien und in einem Quarz-Feldspatgestein am Tye River bei Roseland, Nelson Co. Virginien.

Ausser zur Herstellung von wenig benutzten Titanverbindungen wird Rutil als Zusatz zu Gusseisen und Gussstahl benutzt.

Der Preis für eine Tonne schwankt zwischen 350 und 450 Dollar.

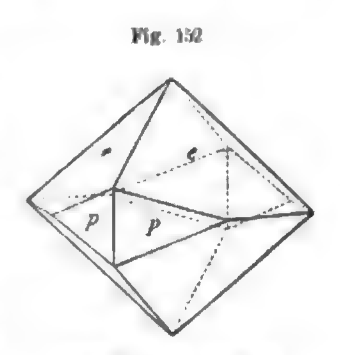
Anatas. Die Kristalle von Anatas sind meist dunkelstahlblaue Pyramiden (Tafel 39, Figur 12), deren Spitze oft durch Spaltbarkeit nach der Basis glatt abgebrochen ist; ihre Flächen schneiden sich in den Endkanten unter einem Winkel von 97° 52'; derartige Kristalle sind immer klein, sehr selten grösser, wie der hier abgebildete. Besonders grosse Anataskristalle kommen im Binnental vor, es sind licht isabellgelbe bis gelbbraun durchscheinende, oft recht flächenreiche Kristalle, deren Flächen bald lebhaft glänzen, bald matt sind, wir sehen Kristalle von hier in den Figuren 13, 14, 15, kein anderes Anatasvorkommen kann den Vergleich mit diesem aushalten. Die beiden ersten Kristalle sind von dem Prisma der zweiten Stellung, einer kleinen und einer grossen Pyramide der ersten Stellung begrenzt, der in Figur 15 von dem glänzenden Prisma der zweiten Stellung, einer achtseitigen Pyramide mit rauhen und ungleich grossen Flächen ($P3$) und einer Pyramide der ersten Stellung ($\frac{1}{3}P$). Eine dritte Ausbildungsweise zeigen Anataskristalle aus Brasilien, sie sind dicktafelig nach der Basis (Figur 16) und von Pyramidenflächen begrenzt.

Das spezifische Gewicht des Binnentaler Anatas beträgt 3,83; er besitzt Spaltbarkeit nach den Flächen der Pyramide P und nach der Basis; die erstere verrät sich in dem Kristall der Figur 14 durch Risse, die den Flächen der hier nicht ausgebildeten Pyramide parallel gehen und durch hellere Farbe in dieser Richtung. Lichtbrechung und Doppelbrechung ist gleichfalls stark, wenn auch geringer als bei Rutil; der Brechungsexponent für den ordentlichen Strahl ist 2,535, für den ausserordentlichen Strahl 2,496, die ebenen Flächen besitzen daher sehr lebhaften diamantähnlichen Glanz, oft aber sind sie rauh, uneben und matt. Die Farbe ist stahlblau, gelb bis braun, seltener rotbraun. Der in Figur 17 abgebildete Anataskristall besteht jetzt aus Rutil, es ist eine Paramorphose von Rutil nach Anatas. Sie finden sich in diamantführenden Sanden in Brasilien und werden von den Brasilianern Captivos genannt. Der Pyramidenwinkel wurde mit dem Anlegegoniometer zu 96—98° gemessen, die Pyramide ist also die Grundpyramide, dieselbe wie in Figur 12. Das spezifische Gewicht dieses Kristalls beträgt nur 3,78, was sich wohl daraus erklärt, dass die kleinen Rutilprismen, aus denen er jetzt besteht, den Raum nicht völlig ausfüllen, an andern Captivos ist das spezifische Gewicht zu 4,02 und 4,06 bestimmt worden.

Die Kristalle von Anatas finden sich aufgewachsen auf Klüften von kristallinischen Gesteinen (Granit, Glimmerschiefer) in den Alpen (Bourg d'Oisans, Tavetsch, Binnental) lose im Sand der Diamantseifen in der Provinz Minas Geraes in Brasilien und ebenso im südlichen Ural. Mikroskopisch kleine Anataskristalle finden sich in manchen Gesteinen als Neubildung aus Titaneisen hervorgegangen.

Brookit. Das dritte Mineral, das die chemische Zusammensetzung der beiden vorhergehenden, aber andere Form und andere physikalische Eigenschaften hat, heisst (nach einem englischen Mineralogen) Brookit.

Fig. 152

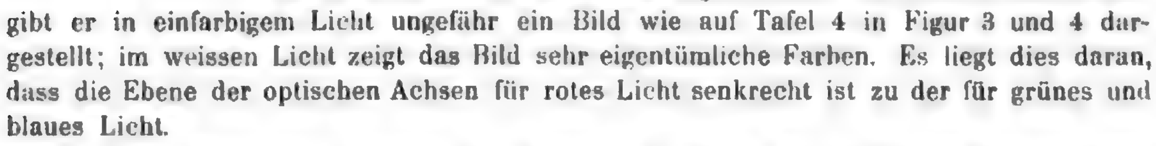


Brookit, var. Arkansit.

Die Form ist manchmal der von Rutil entfernt ähnlich, indem sie von Prisma und Pyramide gebildet wird (Tafel 39, Figur 18), die Kristalle sind aber rhombisch, ihre Prismenflächen schneiden sich unter einem Winkel von 99° 40'; die Pyramide ist dem Prisma entweder gerade aufgesetzt (Figur 18), es ist die Grundpyramide P, oder sie ist schief aufgesetzt (e in Textfigur 152 und Tafel 39, 19) und ist dann eine Pyramide der Nebenreihe, die das Naumannsche Zeichen $P\bar{2}$ bekommt, der Kristall sieht wie eine einfache hexagonale Pyramide aus; nach ihrem Fundort in Arkansas werden diese Kristalle auch Arkansit genannt. Meist aber sieht Brookit ganz anders aus,

die Kristalle (Tafel 39, Figur 20—23) sind dünntafelig nach einem Pinakoid, die andern Flächen am Rande sind nur ganz schmal entwickelt, wir sehen dies an der Textfigur 153; die breite Fläche *a* ist die Querfläche oder das Makropinakoid $\infty \bar{P} \infty$, sie ist an den Kristallen vertikal gestreift, die schmalen Flächen *p* gehören dem Vertikalprisma ∞P an, *c* ist die Basis OP, *e* die Pyramide $P\bar{2}$, *t* ein Brachydoma $2 \breve{P} \infty$. An dem Kristall der Figur 21 ist die Basis als lange, schmale Fläche vorhanden, an den andern Kristallen fehlt sie.

Fig. 153.



Brookit.

Der dünntafelige Kristall in Figur 20 enthält von der Mitte nach den Ecken hin dunkle Einschlüsse, die in ihm die Figur eines sechsstrahligen Sternes erzeugen.

Die Farbe von Brookit ist braungelb, rotbraun oder schwarz, im letzteren Falle besitzt das Mineral zugleich starken Metallglanz (im Arkansit Figur 19). Besonders merkwürdig ist Brookit durch die Erscheinungen, die er im konvergenten polarisierten Licht zeigt; die tafeligen Kristalle, sobald sie nur genügend durchsichtig sind, lassen sich ohne weiteres zur Beobachtung benutzen. Als rhombisches Mineral gibt er in einfarbigem Licht ungefähr ein Bild wie auf Tafel 4 in Figur 3 und 4 dargestellt; im weissen Licht zeigt das Bild sehr eigentümliche Farben. Es liegt dies daran, dass die Ebene der optischen Achsen für rotes Licht senkrecht ist zu der für grünes und blaues Licht.

Das spezifische Gewicht des Brookits ist recht beträchtlichen Schwankungen unterworfen; an dem durchscheinenden Kristall der Figur 21 habe ich es mit der Westphalschen Wage zu 3,94 bestimmt, an dem der Figur 18 zu 4,24, an dem Arkansit der Figur 19 aber zu nur 3,77 bestimmt. Dass Brookit bisweilen in Rutil umgewandelt vorkommt (Tafel 19, 13) haben wir bereits erwähnt. Brookit findet sich wie Rutil, oft mit diesem zusammen in den Alpen (Maderaner-Tal, Prägatten). Tremadoc in Wales, Arkansas in Nordamerika, ist aber im ganzen ein seltenes Mineral.

Titanate. Die Titansäure, die wir auf Tafel 39 in ihren verschiedenen Ausbildungsformen kennen gelernt haben, kommt auch mit andern Elementen verbunden vor und bildet mit diesen titansaure Salze. Das einfachste hierunter ist Perowskit, titansaures Calcium $CaTiO_3$, ihm schliesst sich Titanit an, der neben den gleichen Bestandteilen noch Kieselsäure SiO_2 enthält und nach der Formel $CaTiSiO_5$ zusammengesetzt ist.

Als drittes Mineral bringen wir hier Titaneisen, das in der Hauptsache als titansaures Eisenoxydul $FeTiO_3$ angesehen werden kann; es kann freilich auch als eine Mischung von Eisenoxyd und Titanoxyd aufgefasst werden, man braucht die Formel nur zu verdoppeln: $Fe_2Ti_2O_6 = Fe_2O_3 + Ti_2O_3$. Für diese Auffassung spricht die Aehnlichkeit von Titaneisen und Eisenglanz in der Form, dagegen spricht aber, dass im Titaneisen oft Magnesium enthalten ist, das nur als titansaures Magnesium $MgTiO_3$ vorhanden sein kann und es liegt nahe, hieraus zu schliessen, dass auch das Eisen als titansaures Eisenoxydul vorhanden sei, um so mehr, als Magnesia und Eisenoxydul in andern Mineralien (z. B. Olivin) sich oft vertreten. Wir betrachten also das Titaneisen als Titanat und geben ihm hier seine Stelle.

Ausser in diesen Mineralien kommt Titan in Magneteisen, Augit, Hornblende, Granat und andern Mineralien vor, aber immer nur in geringer Menge. Einige andere Titanverbindungen sind sehr seltene Mineralien, die wir hier übergehen.

Perowskit bildet in der Regel einfache reguläre Kristalle, meist Würfel (Tafel 40, Figur 1—4) seltener Rhombendodekaeder (5) oder Oktaeder (6). Die Streifung der Würfelflächen verläuft manchmal wie bei Schwefelkies je einer Kante parallel (Figur 4), so dass manche annehmen, Perowskit besitze pentagonale Hemiedrie; an andern Kristallen

geht die Streifung aber auch beiden Kanten parallel, so dass, wollte man an der pentagonalen Hemiedrie festhalten, hier Durchkreuzungszwillinge angenommen werden müssten. Neben diesen einfachen Kristallen kommen auch recht flächenreiche vor, die Flächenverteilung entspricht an ihnen mehr der Symmetrie der vollflächigen regulären Kristalle, so dass die Bestimmung der wahren Symmetrie hier einige Schwierigkeiten bietet. Diese werden durch das optische Verhalten von Perowskit noch erhöht; er besitzt nämlich deutliche Doppelbrechung, die sonst einem regulären Kristall nicht zukommt, so dass manche Forscher glauben, die Form sei nur eine Maske, hinter der ein Mineral von niederer Symmetrie sich verbirgt, die Maske wäre dann sehr vollkommen, die Form ist tatsächlich regulär, auch die sorgfältigsten Messungen haben Abweichungen hiervon nicht ergeben. Bisweilen sehen die Kristalle wie zerfressen aus und sind im Innern hohl.

Die Farbe der Kristalle ist rötlichbraun bis schwarz, hell gefärbter Perowskit ist sehr selten; die schwarzen Kristalle haben nahezu metallischen Glanz. Ihr spezifisches Gewicht schwankt um 4 herum, die Härte liegt zwischen 5 und 6.

Perowskit enthält fast immer Eisenoxydul beigemischt, ist sonst in der Regel rein, nur einzelne Vorkommen enthalten noch andere Stoffe. So zeichnen sich die Kristalle von Magnet Cove in Arkansas, von denen wir einen in Figur 6 abgebildet haben, vor den andern durch die grosse Menge von Beimischungen aus, es ist in diesen Kristallen ausser Kalk und Titansäure noch Tantal, Niob, Cer, Lanthan, Didym, Yttrium, Eisen und Magnesium nachgewiesen, manche von diesen seltenen Erden sind dabei in recht beträchtlichen Mengen (5% Ta_2O_5, 4,4% Nb_2O_5, 5,4% Y_2O_3) darin enthalten. Ein an Cer gleichfalls reicher Perowskit von Alnö in Schweden hat den Namen Knopit bekommen, damit verwandt ist der Dysanalyt aus dem Kaiserstuhl, den Knop analysiert und getauft hat.

Der eigentliche Perowskit findet sich eingewachsen in Chloritschiefer am Findelengletscher bei Zermatt (Figur 1 und 2), auf Klüften von Chloritschiefer aufgewachsen am Wildkreuzjoch im Pfitsch, Tirol; in Chloritschiefer und Kalkspat eingewachsen auf der Achmatowschen Nikolaje-Maximilianowschen und Jeremejewschen Grube im Distrikt von Slatoust im Ural (Figur 3, 4, 5); in Kalk eingewachsen bei Magnet Cove in Arkansas (Figur 6). Mikroskopisch kleine Perowskitwürfel sind regelmässiger Gemengteil der Melilithbasalte.

Titanit. In Titanit tritt uns ein Mineral entgegen, das, ohne in der chemischen Zusammensetzung wesentliche Schwankungen zu zeigen, sehr mannigfaltige Form besitzt. Es ist monoklin und so entwickelt, dass man bald das eine, bald das andere seiner Prismen als Vertikalprisma annehmen könnte und tatsächlich deuten die verschiedenen Mineralogen, die sich mit Titanit besonders beschäftigt haben, seine Formen in verschiedener Weise, was der eine als Vertikalprisma annimmt, macht der andere zu Klinodoma oder Pyramide, wir wollen uns hier nicht in die Feinheiten verlieren.

Fig. 154.

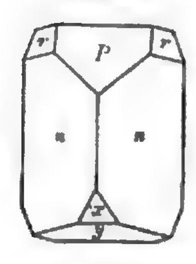
Titanit.

Der Kristall in Figur 7 auf Tafel 40 ist tafelig nach einer Schiefendfläche, die schmalen Flächen am Rande können als Vertikalprisma oder als Pyramide gedeutet werden, die Form wird durch die Textfigur 154 erläutert, es wäre nach den Naumannschen Zeichen etwa $l = \infty P$, $P = oP$, $x = \frac{1}{2} P\bar{\infty}$, $y = P\breve{\infty}$; auf der Tafel ist der Kristall nach vorn geneigt, in der Textfigur erscheint er mehr nach oben gehoben.

An den Kristallen der Figur 11 und 12 der Tafel können wir die obere grosse Fläche als Basis, die anderen als Pyramide und Prisma annehmen, sollen die Flächen aber auf die gleiche Grundform, wie die in Figur 154 bezogen werden, dann wäre die grosse obere Fläche die Schiefendfläche $P\bar{\infty}$ ($= y$), das eine Paar wäre das Klinodoma $P\grave{\infty}$ ($= r$), das andere die Pyramide $\frac{2}{3} P\grave{2}$ ($= n$). Die Flächen, welche in Figur 13 der Tafel 40 in der

Digitized by Google

Fig. 155.



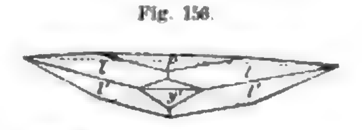
Titanit.

Stellung eines Vertikalprismas auftreten, werden in der Regel als Pyramide angenommen, die Textfigur 155 erläutert einen Kristall von ähnlicher Ausbildung, *n* soll die Pyramide $\frac{2}{3} P\grave{2}$, *P* die Basis $o P$, *x*, *y* die hinteren Schiefendflächen $\frac{1}{2} P\bar{\infty}$ und $P\bar{\infty}$, *r* das Klinodoma $P\grave{\infty}$ sein.

An dem Kristall 9 erkennen wir bei der im Bild gewählten Aufstellung eine obere und eine untere Pyramide und (oben) eine Schiefendfläche, an dem Kristall 8 sind nur zwei obere Pyramidenflächen glänzend, die andern sind matt und gerundet.

Sehr häufig sind Zwillinge, in denen die Individuen nach der als Basis angenommenen Fläche $P = oP$ verwachsen sind, bald als Durchkreuzungszwillinge, bald als Berührungszwillinge (Textfigur 156). Einer der letzten Art ist der der Stufe 10, die Zwillingsebene geht der grossen Tafelfläche parallel und der hintere (hier nur mit einem kleinen Stück sichtbare) Teil ist in Zwillingsstellung zu dem vorderen; ein ebensolcher Zwilling mit gerundeten Flächen und weniger regelmässiger Begrenzung ist in der Figur 18 abgebildet. Die Kristalle 14, 16, 17, 19 sind deutlich als Durchkreuzungszwillinge zu erkennen.

Fig. 156.



Titanit, Berührungszwilling nach der Basis.

Von der mannigfaltigen Färbung des Titanit gibt uns ein Blick auf die Tafel eine Vorstellung, der Kristall in Figur 16 ist sogar zweifarbig, lebhaft grün in der Mitte, braun an beiden Enden. Die Kristalle besitzen diamantartigen Glasglanz, wenn nicht ihre Flächen, wie bei 7, 14 und 17 mit Chlorit bestäubt sind. Das im convergenten polarisierten Licht auftretende Interferenzbild zeichnet sich durch starke rote und blaue Farbensäume an den Hyperbeln aus, weil der Winkel der optischen Achsen für verschiedene Farben verschieden gross, für rotes Licht viel grösser ist, als für blaues.

Titanit besitzt ziemlich deutliche prismatische Spaltbarkeit, sein spezifisches Gewicht beträgt 3,4—3,6; seine Härte liegt zwischen 5 und 6.

Kristalle von Titanit finden sich aufgewachsen auf Klüften von Silikatgesteinen (Chlorit-, Glimmerschiefer, Gneiss etc.) in den Alpen (Tavetsch in Graubünden 7, 14, 15, 16; und Dissentis 17; Zermatt 8; Maderaner-Tal; am Rothenkopf im Zillertal 18 und bei Pfunders in Tyrol, Stubachtal in Salzburg etc.).

Ebenso finden sich Titanitkristalle mit Chlorit und Diopsid aufgewachsen auf Klüften des Chloritschiefers von Achmatowsk im Ural (10).

Grössere eingewachsene Kristalle sind bekannt aus dem Syenit von Arendal (13, 19) in Norwegen, aus dem körnigen Kalk von Eganville, Renfrew, Co., Canada (11, 12), von wo auch die grossen Apatitkristalle (Tafel 81) kommen. Kleine eingewachsene gelbe und braune Kristalle sind in Syenit, Phonolith, Trachyt und verwandten Gesteinen sehr verbreitet.

Schön gefärbter klarer Titanit wird bisweilen als Edelstein verwendet.

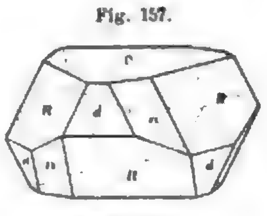
Titaneisen. Nachdem wir über die chemische Natur dieses Minerals bereits einige Bemerkungen vorausgeschickt haben, können wir uns hier gleich zur Betrachtung seiner Form wenden.

Diese hat mit der von Eisenglanz viel Aehnlichkeit, die Kristalle (Tafel 40, 20) und Textfigur 157) sind dicktafelig nach der Basis und von zwei Rhomboedern begrenzt, von denen das eine (*R*) die Kanten des andern (*d*) gerade abstumpft; das erstere wird als Grundrhomboeder $+R$ angenommen, das andere ist alsdann das nächste schärfere $-2R$. Hierzu treten bisweilen noch Flächen (*n*), welche die Kanten zwischen *R* und *d* abstumpfen, aber nicht alle, sondern nur die abwechselnden; wären alle abgestumpft, so würden die

Digitized by Google

Flächen für sich eine Pyramide der zweiten Stellung bilden, und die Kristalle wären rhomboedrisch wie Eisenglanz; sie sind wegen der Zahl und Lage dieser Flächen rhomboedrisch-tetartoedrisch. In die Kristalle, besonders aber die derben Massen sind bisweilen Zwillingslamellen nach den drei Flächen des Grundrhomboeders eingelagert, wodurch auf der Basis die feine, nach drei Richtungen verlaufende Streifung entsteht, die Figur 21 zeigt.

Fig. 157.



Titaneisen.

Titaneisen ist metallisch glänzend schwarz, wenig oder gar nicht magnetisch, in Salzsäure schwer löslich; die Phosphorsalzperle ist durch den Titangehalt blutrot. Es kommt in Eruptivgesteinen (Gabbro, Diabas, Dolerit) eingewachsen sehr verbreitet auf der Erde vor; grössere Kristalle finden sich im Ilmengebirge bei Miask (20) und nach diesem Fundort hat das Mineral auch den Namen Ilmenit bekommen, ebensolche Kristalle kommen von Snarum bei Modum in Norwegen.

Die Kristalle, welche die Eisenrosen (Tafel 28, 7 und 8) bilden, werden zum Teil zum Titaneisen gerechnet, ebenso andere, die wie Eisenglanz aussehen, wie dieser auf Klüften in Silikatgesteinen vorkommen, aber einen hohen Titangehalt besitzen. Je nachdem die eine oder die andere Verbindung vorherrscht, kann man annehmen, dass dem Titaneisen Eisenoxyd oder dem Eisenglanz titansaures Eisenoxydul beigemischt sei. Hierbei ist immer zu bedenken, dass oft Einschlüsse von mikroskopisch kleinen Rutilkristallen vorhanden sind, welche die Höhe des Titangehaltes bedingen können.

Derbes Titaneisen tritt in Schweden und Norwegen an mehreren Stellen als Ausscheidung aus Gabbrogesteinen in grossen abbauwürdigen Massen auf, ebenso in Canada und den Vereinigten Staaten. Abgerollte Körner finden sich im Sande und dem Gerölle von Flüssen oft zusammen mit Gold und Edelsteinen.

An Titan reiches Magneteisen kommt in rundlichen Körnern in manchen Basalten (Unkel am Rhein) vor, hat unebene, glänzende Bruchfläche und lässt sich besonders durch seinen kräftigen Magnetismus von dem eigentlichen Titaneisen unterscheiden. Da es in seinem Aussehen an Glasschlacke erinnert, wird es schlackiges Magneteisen genannt.

Titaneisen wird ebenso wie Rutil gewissen Stahlarten zugesetzt, im ganzen aber wird es nur in geringem Umfang benutzt.

Digitized by Google

Die Edelsteine und ihre Verwandten.*

Edelsteine. Die Mineralien, welche als Edelsteine von den andern unterschieden werden, besitzen einige Eigenschaften, durch die sie die Bezeichnung als edel verdienen. Sie sind härter als die meisten Stoffe, die uns umgeben und hierdurch gegen Abnützung geschützt, die wertvollsten unter ihnen sind zugleich die härtesten Körper, die wir überhaupt kennen. Sie sollen durchsichtig, farblos oder schön gefärbt sein oder müssen, wenn sie trüb sind, besonders liebliche Farbe besitzen wie Türkis, oder besondere Farbenerscheinungen zeigen wie der Edelopal, das Katzenauge und der Sternsaphir. Dazu dürfen sie nicht zu massenhaft und verbreitet auf der Erde vorkommen. Mineralien, die diese Eigenschaften in hohem Grade in sich vereinen, werden am höchsten geschätzt wie Diamant und Rubin, und in dem Masse, wie jene Eigenschaften abnehmen, verringert sich ihr Wert; solche, die so hart wie Quarz oder weicher als dieser sind, dabei keine besonderen, seltenen Farbenerscheinungen zeigen, aber doch durch ihre Farbe oder ihr gleichmässiges inneres Gefüge sich vor andern auszeichnen, werden wohl als Halbedelsteine den andern gegenübergestellt, eine scharfe Grenze zwischen beiden und den Mineralien, die überhaupt nicht mehr als Edelsteine gelten können, gibt es aber nicht. Man könnte vom Standpunkt des Praktikers alle die Mineralien als Edelsteine bezeichnen, die geschliffen oder geschnitten als Schmuck getragen oder zu Verzierungen benutzt werden, aber eine scharfe Grenze gegen die andern Mineralien wäre damit auch nicht gezogen, da es sehr auf die eben herrschende Mode ankommt, ob diese oder jene Steine geschliffen werden; gerade in der neueren Zeit werden auch trübe Steine, sobald sie nur schön gefärbt sind, viel getragen. Wie man aber auch die Grenzen ziehen mag, vom Standpunkt des Mineralogen wird man bei der Betrachtung der Edelsteine nicht auf die Eigenschaften in erster Linie Rücksicht nehmen, durch welche ein Mineral zum Edelstein wird, sondern auf die, durch welche es als selbständiges Mineral charakterisiert ist, das ist die chemische Zusammensetzung und die Kristallform, Eigenschaften, die zu seinem Wesen gehören, wie Blut und Kopf zum Wesen eines Menschen. Die Farbe, auf die der Edelsteinhändler so grossen Wert legt, ist oft etwas recht unwesentliches für ein Mineral, wie ja schon daraus hervorgeht, dass dasselbe Mineral, wie Korund, sehr verschiedene Farben besitzen kann. Der Edelsteinhändler unterscheidet darum von Korund viele, für ihn durch ihren Wert sehr verschiedene Varietäten, für den Mineralogen gehören sie alle zu dem gleichen Mineral; klaren, dunkelroten Rubin schätzt der Juwelier höher als Diamant, trüben grauen Korund achtet er gar nicht als Edelstein, der Mineralog stellt beide in die gleiche Reihe, weil sie die gleiche Zusammensetzung und die gleiche Kristallform besitzen, ihn kümmert weniger der Edelstein als solcher, als das Mineral, zu dem er gehört. Wenn wir daher in diesem Abschnitt Edelsteine behandeln, so sind darunter Mineralien zu verstehen, von denen geeignete Stücke auch als Edelsteine Verwendung finden.

Mit diesen Mineralien vereinigen wir andere, die mit ihnen nahe verwandt sind, so z. B. lassen wir auf Diamant Graphit folgen, weil er wie dieser reiner Kohlenstoff ist, an Beryll schliessen wir Beryllium haltige Mineralien an, hierunter auch solche, die als Edelstein überhaupt nicht in Betracht kommen; den Quarz, der in vielen Abarten Edel-

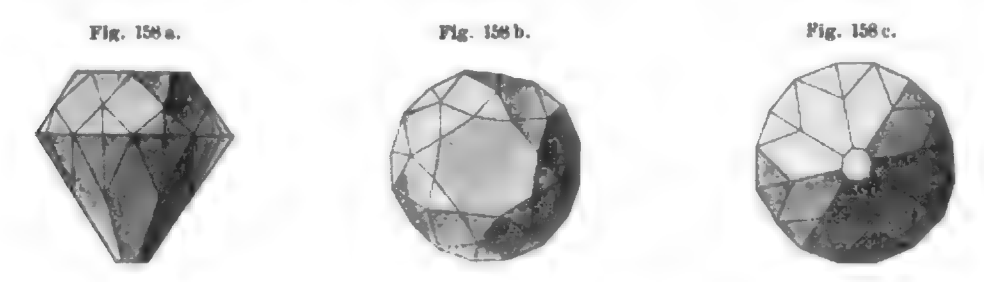
* Hierbei wurde neben andern das Werk von Max Bauer, Edelsteinkunde, Leipzig 1896, benutzt.

steine liefert, führen wir auch in den Abarten vor, die als Edelsteine keine Rolle spielen; er ist zugleich eines der wichtigsten gesteinsbildenden Mineralien und stellt hierdurch die Verbindung mit dem nächsten Abschnitt her, in dem gesteinsbildende Silikate behandelt werden. Wir führen also die Mineralien, die als Edelstein Verwendung finden, in dem von uns gezogenen Rahmen vor, immer ist das Mineral für uns die Hauptsache, erst in zweiter Linie kommt seine Verwendung; eine spezielle Edelsteinkunde wollen wir hier nicht bieten, trotzdem wird mancher, wie ich hoffe, etwas Neues hierin finden.

Die Schliffformen der Edelsteine. Die natürliche Beschaffenheit lässt die Eigenschaften der Edelsteine oft nur sehr unvollkommen hervortreten, der edle Kern ist unter einer rauhen Schale verborgen, die durch Schleifen entfernt werden muss, die natürliche Form ist unvorteilhaft und muss oft unter grossem Substanzverlust der Form weichen, die sich den Eigenschaften des Steins am besten anpasst.

Die Schliffform, die ein Stein bekommt, richtet sich nach seinen optischen Eigenschaften und nach seiner natürlichen Form, nach dem Verhältnis von seiner Breite zu seiner Dicke, und ist für einen farblosen Stein im allgemeinen anders als für einen farbigen. Ein farbloser Stein wirkt durch seine starke Lichtbrechung und seine Farbenzerstreuung, der vorteilhafteste Schnitt ist die Brillantform (Figur 158, a—c.) Sie ist in der Haupt-

Fig. 158 a. Fig. 158 b. Fig. 158 c.



Brillantschliff: a von der Seite, b von oben, c von unten. Nach M. Bauer.

sache ein Oktaeder, dessen obere Ecke durch eine grosse Fläche (die Tafel, die grosse Fläche in Figur 158b) und dessen (in der Fassung) untere Ecke durch eine kleine Fläche (die Kalette, die kleine Fläche in Figur 158c) abgestumpft sind und an dessen Rand (Rundiste) und Unterseite Reihen kleiner Flächen, Facetten, angeschliffen sind. Der Brillant wird frei, à jour, gefasst, die grosse Fläche nach aussen, alles Licht, welches auffällt, kann eindringen, aber nicht direkt wieder austreten. Der Stein ist nämlich optisch dichter als die Luft, und Lichtstrahlen, die unter einem gewissen, von dem Brechungsvermögen abhängigen Winkel auf die Innenseite einer Facette auffallen, können nicht in die Luft austreten, werden vielmehr in das Innere total reflektiert, und die Facette, an der dies geschieht, glänzt wie blankes poliertes Silber; an einem Glasprisma, wie sie Lampen vielfach angehängt werden, kann man dies leicht sehen (vergl. über Totalreflexion Seite 52).

An den vielen Facetten der Unterseite tritt sehr oft Totalreflexion ein und die Steine erhalten hierdurch eine Fülle von Licht und einen Glanz, der bei gleicher Form und Grösse um so höher ist, je leichter das Licht im Innern total reflektiert wird, das heisst, je höher das Brechungsvermögen des Minerals ist. Dieses wird durch den Brechungsexponenten ausgedrückt, der für Luft den Wert 1 bekommt und für Wasser 1,33, Quarz 1,55, Topas 1,62, Saphir 1,76, Zirkon 1,97, Diamant 2,41 ist. Aus Quarz kann noch alles Licht in die Luft austreten, das eine Fläche auf ihrer inneren Seite unter einem Winkel, der kleiner ist als 40° 10′, trifft, aus Diamant können nur die Strahlen austreten, die unter einem Winkel, der kleiner ist als 24° 30′, auf die innere Grenzfläche auffallen; mehr als zwei Drittel von den Strahlen werden im Innern von Diamant total reflektiert, in Quarz nur etwas mehr als

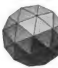
Digitized by Google

die Hälfte. Im Vergleich zu Diamant erscheint daher Quarz, auch wenn er genau ebenso geschliffen ist, lichtarm und tot, der Diamant aber besitzt eine Fülle von Licht und lebhaften Glanz. Hierzu kommt noch etwas anderes. Die Facetten am Rande des Schliffes, durch welche das Licht ein- und austritt, wirken wie ein Prisma und es ist ja bekannt, dass das weisse Licht durch ein Prisma in die Spektralfarben zerlegt wird, dass Farbenzerstreuung eintritt. Diese ist nun auch wieder bei Diamant grösser als bei irgend einem andern farblosen Mineral (die Werte geben wir bei Diamant an), darum tritt das weisse Licht, welches in ihn eindringt, in seine Bestandteile aufgelöst, als rote, grüne und blaue Farbenblitze wieder aus und so wird ein Feuer erzeugt, wie von keinem andern Edelstein und wir werden nicht müde, das funkelnde Farbenspiel immer wieder zu bewundern und an dem Feuer sprühenden, als Brillant geschliffenen Diamanten uns zu erfreuen.

Damit die Eigenschaften von Diamant am vorteilhaftesten hervortreten, muss ein bestimmtes Verhältnis von Breite zu Höhe eingehalten werden, die Höhe des Oberteils über der Rundiste soll ein Drittel, die des Unterteils zwei Drittel der Gesamthöhe des Steins, und der Durchmesser der Tafel fünf Neuntel, der der Kalette ein Neuntel des Durchmessers der Rundiste betragen. Für andere farblose Steine (Topas) gelten andere Masse, auch wird da oft nur der Oberteil in Brillantform geschliffen, für den Unterteil eine andere Form, z. B. Sternschnitt gewählt. Da vorzugsweise Diamant in Brillantform geschliffen wird, hat man sich angewöhnt, einen so geschliffenen Diamanten kurzweg Brillant zu nennen und wenn man von Brillanten spricht, versteht man darunter stillschweigend Diamanten. Käufer aber sollten nie vergessen, dass Brillant streng genommen nur die Schliffform, nicht das Mineral bedeutet, dass auch farbloser Topas, in Brillantform geschliffen, als Brillant verkauft werden könnte.

Fig. 159 a.

Fig. 159 b.



Rosette: a von der Seite, b von oben. Nach M. Bauer.

Diamanten — andere durchsichtige Steine seltener —, die von Natur breit und flach sind, würden nur unter grossem Gewichtsverlust als Brillant geschliffen werden können, für sie wird als Schliffform die Rosette oder Rose (Figur 159a und b) gewählt. Ueber einer breiten Grundfläche erhebt sich eine mit Facetten umgebene flache Pyramide, die in der Fassung nach aussen kommt; die Grundfläche kommt in die Fassung und wird von ihr verdeckt, meist wird ihr zur Erhöhung des Glanzes eine Silberfolie untergelegt, Farbenspiel und Glanz sind viel schwächer als bei dem Brillant, der Wert bei gleichem Gewicht geringer.

Fig. 160 a.

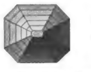
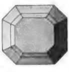


Fig. 160 b.



Treppenschnitt: a von unten, b von oben.

Bei farbigen Steinen kommt es darauf an, dass die Farbe möglichst zur Geltung kommt, der Stein bekommt den Treppenschnitt (Figur 160) oder eine gemischte Schliffform, die an dem über der Fassung liegenden Teil mit Facetten wie Brillant versehen ist, an dem unteren Teil etwa Treppenschnitt oder sog. Sternschnitt besitzt; bei dunklen Steinen wird die Form flach, bei hell gefärbten hoch gewählt. Steine, bei denen sich die Farbe oder die Intensität der Farbe mit der Richtung ändert, die merkbar dichroitisch sind, werden so geschliffen, dass die Farbe am besten zur Geltung kommt; wir werden u. a. in Saphir ein Beispiel hierfür kennen lernen.

Digitized by Google

Undurchsichtige, oder wenig lichtdurchlässige Steine, die durch ihre Farbe oder ihr Farbenspiel wirken, werden en cabochon geschliffen, sie bekommen eine gewölbte, mugelige Schliffform, wie Türkis, Edelopal, Sternsaphir und andere; dies ist zugleich die älteste von allen Schliffformen, die farbigen Steine des Altertums wurden convex geschliffen.

Manche Edelsteine und Halbedelsteine, besonders solche, die eine ganz gleichmässige innere Struktur besitzen oder solche, die aus verschiedenfarbigen Lagen bestehen, wie die Achate, werden zur Herstellung von Gemmen benutzt, das sind Steine, in die Figuren eingeschnitten sind; das Altertum hatte es hierin zur höchsten Vollkommenheit gebracht. Zweierlei Arten von Gemmen sind zu unterscheiden, Kameen mit erhabenen Figuren und Intaglien mit vertieft eingeschnittenen Figuren. Intaglien dienten ursprünglich zum Siegeln, die Kameen als Schmuck; in dem gleich folgenden kurzen geschichtlichen Ueberblick werden wir hierüber weiteres erfahren.

Die Technik der Edelsteinschleiferei und Steinschneiderei. Die erste Aufgabe bei der Bearbeitung der Edelsteine besteht darin, das Rohmaterial, das die Natur liefert, zum Schleifen vorzubereiten. Je nach der Kostbarkeit und Beschaffenheit des Materials geschieht dies in verschiedener Weise.

Bei dem wertvollen und harten Diamant kommt es darauf an, dass der Stein nicht kleiner wird, als der Schliff es durchaus erfordert, und dass das meiste, was entfernt werden muss, auf anderem Wege als durch Schleifen entfernt wird, weil das Abschleifen sehr viel Zeit in Anspruch nimmt. Um dem Diamanten annähernd seine spätere Form zu geben, macht man von seiner Spaltbarkeit Gebrauch, die bei ihm den Oktaederflächen parallel geht und die gestattet, dünne Blättchen parallel zu diesen Flächen abzutrennen; wenn also ein natürlicher Kristall nicht von vorneherein eine zum Schleifen günstige Form hat, wird sie ihm durch Abspalten gegeben. Darauf werden die grösseren Facetten im Rohen angelegt, dadurch, dass zwei Diamanten kräftig gegeneinander gerieben werden; hierzu werden sie mit hartem Kitt oder leicht flüssigem Lot an kurze Stäbe gekittet, denen ähnlich, die beim Schleifen gebraucht werden. Diese beiden Prozesse nennt man das Klieven und Graumachen. Ist der Diamant so weit hergerichtet, so wird er wie ein anderer Edelstein geschliffen und poliert.

Fig. 161.

Edelsteinschleifer.

Die andern Edelsteine haben entweder schon von Natur eine brauchbare Form, wie Rubin oder Saphir, oder sie erhalten diese durch Zuschneiden oder Zerschlagen; bei farbigen Steinen ist besonders darauf

Digitized by Google

zu achten, dass im geschliffenen Stein die Farbe möglichst vorteilhaft hervortritt und Fehler verdeckt werden. Zum Schleifen wird der Stein mit hartem Kitt an einen Kittstock befestigt und dieser in eine Klammer eingezwängt, in der er mit der nötigen Kraft gegen die rotierende Schleifscheibe angedrückt werden kann. Die Scheibe besteht aus Hartbronze oder Stahl, als Schleifmittel dient für Diamant sein eigenes Pulver, für alle anderen Edelsteine fast ausschliesslich Karborundum, eine aus Silicium und Kohlenstoff bestehende, im elektrischen Ofen erzeugte Verbindung, die sich vor dem früher benutzten Schmirgel durch bedeutendere Härte und grössere Reinheit auszeichnet.

In der vorstehenden Abbildung (Figur 161) sehen wir einen Edelsteinschleifer bei der Arbeit. Auf dem Tisch liegen die Kittstöcke, am stumpfen Ende von jedem ist

Fig. 162.

Achatschleiferei bei Oberstein.

ein Edelstein eingekittet. Ein Kittstock ist in die Klammer eingespannt und der Arbeiter drückt ihn mit der linken Hand gegen die Schleifscheibe, während er mit der rechten den Lauf der Scheibe, die durch Wasser, Dampf oder Elektrizität getrieben wird, reguliert. In der Diamantschleiferei werden diese Klammern mit Gewichten beschwert und es befinden sich meistens mehrere über einer Scheibe, weil das Schleifen länger dauert und der Arbeiter Zeit genug hat, den Fortgang des Schleifens zu verfolgen. Wenn die eine Seite fertig geschliffen ist, wird der Stein neu eingekittet, eine Arbeit, die in den Schleifereien von Mädchen besorgt wird. Der mit Karborundum roh geschliffene Stein wird darauf mit Tripel, Zinnasche oder Caput mortuum auf Scheiben von Bronze oder auf Cylindern von Holz poliert und der Schliff ist beendet. Auf der linken Seite der Figur 162 sehen wir Holzcylinder, an denen Steine poliert werden.

Digitized by Google

Grössere Steine wie Achat und Chalcedon können nicht in der gleichen Weise geschliffen werden, der Arbeiter würde den Stein nicht mit der nötigen Kraft gegen die Scheibe drücken können und die Scheibe würde den Druck nicht aushalten. Diese Steine werden auf vertikalen grossen Schleifsteinen aus hartem Sandstein, über die fortwährend Wasser hinrieselt, geschliffen (Figur 162). Der Arbeiter liegt hierbei horizontal vor dem Stein, mit dem Brustkasten und Bauch in einem ausgehöhlten Holz, dem Kürass, während er sich mit den Füssen gegen eine am Boden befestigte Leiste stemmt, um den Stein mit aller Gewalt gegen den Schleifstein zu pressen. Ein besonderes Schleifmittel wird hier nicht zugesetzt, die starke Reibung an dem harten Schleifstein genügt. Zur Erzeugung runder Formen sind die Schleifsteine mit verschieden weiten Hohlkehlen versehen. Die roh geschliffenen Steine werden mit einem der vorher genannten Stoffe auf Holz poliert.

Figur 162 zeigt uns das Innere einer solchen Schleiferei. Der Platz des fünften Schleifers ist leer, wir sehen da den Kürass, in dem der Körper »ruht«. Der eine Arbeiter links schlägt die Steine zurecht, der Junge dahinter poliert, der Arbeiter am Fenster im Hintergrund steht an einer, hier nicht sichtbaren Schneidemaschine, an der er mit einer mit Diamantpulver besetzten Scheibe Chalcedon in einzelne Platten zerschneidet.

Wegen der unbequemen Lage der Arbeiter hat man in neuerer Zeit versucht, diese Art Schleifsteine durch andere zu ersetzen, vor denen die Arbeiter sitzen können, sie haben sich aber nicht recht bewährt, ich habe wenigstens den Reformschleifstein in Idar nicht in Betrieb gesehen. Liegend kann der Arbeiter den Stein mit grösserer Kraft andrücken und den Fortgang seiner Arbeit besser verfolgen.

Die Kugeln, welche zu Ketten aneinander gereiht werden sollen, müssen durchbohrt werden. Dies geschieht seit alter Zeit auf recht primitive Weise, die sich aber offenbar bewährt hat (Figur 163). Eine in einem Holzcylinder gefasste, unten mit Diamantpulver besetzte Stahlspitze wird durch einen Hebel gegen die Kugel gedrückt und durch einen Bogen hin und her gedreht. Irgend welche andere Maschine ist hierzu nicht nötig, der Achatbohrer kann seine Arbeit mit aller Bequemlichkeit in seiner Wohnung ausführen. Diese Methode ist seit wenigstens 130 Jahren völlig unverändert geblieben, Collini bildet in seinem Reisetagebuch, welches verschiedene mineralogische Beobachtungen, besonders über die Achate, nebst einer Beschreibung der Verarbeitung der Achate enthält, genau den gleichen Apparat ab. Wenn nach der Abbildung in dem Werke von Furtwängler, »Die antiken Gemmen«, Bd. III, S. 399, ein Schluss gestattet ist, möchte ich vermuten, dass die Steinschneider

Fig. 163.

Der Achatbohrer.

Fig. 164. Der Steingraveur oder Lapidär

im Altertum mit einem ganz ähnlichen Apparat die Gemmen geschnitten haben.

Das Gravieren und das Schneiden von Gemmen, Siegeln, Namenszügen und dergleichen erfordert grosse Geschicklichkeit und Kunstfertigkeit. Es geschieht heute mit Stahlrädchen von verschiedener Grösse, die mit in Oel aufgeschlemmtem feinem Diamantpulver besetzt werden, wir sehen dies aus der nebenstehenden Abbildung (Fig. 164). Die Achse, an der die Rädchen befestigt sind, wird durch die Maschine oder von dem Arbeiter durch eine Tretvorrichtung in Bewegung gesetzt.

Das Gewicht der Edelsteine. Nach altem Herkommen wird das Gewicht der Edelsteine in Karat angegeben, wogegen sich nichts einwenden liesse, wenn das Karat ein genau fixiertes Gewicht wäre, das ist aber nicht der Fall, sein Gewicht ist an den verschiedenen Orten, an denen Edelsteine gehandelt werden, verschieden. Ein Karat ist rund 200 mg, durchschnittlich etwa 205 mg, der Wert schwankt aber bis um 18 mg. Es wäre jedenfalls zweckmässig, wenn sich der Edelsteinhandel von diesem veralteten Brauch losmachen und das Karatgewicht auf genau 200 mg festsetzen wollte. Bruchteile eines Karats werden merkwürdigerweise durch Sechzehntel und Zweiunddreissigstel angegeben.

Die Bestimmung der Edelsteine. Um Edelsteine zu bestimmen und ähnlich aussehende voneinander zu unterscheiden, dient die Kristallform, wenn sie noch vorhanden ist, sonst die Farbe, die Härte, die sich besonders bei dem Schleifen aus der Zeit erkennen lässt, die zum Anlegen einer Fläche nötig ist, das Verhalten vor der dichroskopischen Lupe (Seite 57) und das spezifische Gewicht (Seite 49), das mit der Westfalschen Wage leicht bestimmt oder durch eine schwere Lösung vergleichsweise erkannt werden kann. Es setzt dies voraus, dass der geschliffene Stein ungefasst vorliegt, bei einem gefassten Stein kann die sichere Bestimmung unter Umständen recht schwer, wenn nicht unmöglich sein. Im Zweifelsfall soll man sich nicht auf die Bestimmung eines kleinen Juweliers verlassen, sondern die Untersuchung lieber einem Mineralogen anvertrauen. Erfahrene Juweliere vermögen oft mit grosser Sicherheit einen ihnen vorgelegten Stein, auch wenn er gefasst ist, richtig zu bestimmen.

Die Verfälschungen der Edelsteine. Unter einem Edelstein versteht man ein Naturprodukt und wer einen Edelstein kauft, setzt stillschweigend voraus, dass der Stein aus dem Mineralreich stamme, ein Kunstprodukt hat nicht den gleichen Reiz und nicht den gleichen Wert; es geht hier ähnlich, wie mit dem Wein. Ein Kunstwein mag noch so sehr in der Zusammensetzung und Geschmack einem Naturwein nahe kommen, er ist doch kein Wein und der Kenner wird ihn zurückweisen. Bis jetzt können nur wenig Edelsteine im Laboratorium vollkommen täuschend nachgeahmt werden, so dass sie in

Digitized by Google

Zusammensetzung, Form und physikalischen Eigenschaften den natürlichen gleich sind, am besten ist es bei Rubin gelungen; der künstliche ist dem Aussehen nach von natürlichem gar nicht zu unterscheiden, erst mit dem Mikroskop bemerkt man kleine Bläschen in ihm, die der natürliche nie zeigt, denkbar wäre es auch, dass er spröder wäre, als der natürliche, auf keinen Fall ist er ihm im Werte gleich zu stellen. Diamant hat man gleichfalls künstlich dargestellt, aber nicht so gross und klar, dass die künstlichen Diamanten irgendwie in Betracht kämen.

Eine andere Art von Verfälschung ist die, dass der Teil eines Edelsteins, der in der Fassung oben freiliegt, echt ist, der untere Teil aber aus angeklebtem Glas von der gleichen Farbe besteht, man nennt solche Steine Dubletten. Weniger grob ist die Verfälschung, wenn die zusammengeklebten Teile beide echt sind.

Die gröbste und seit den ältesten Zeiten geübte Verfälschung ist die, dass Glasflüsse von starker Lichtbrechung oder den Edelsteinen gleicher Färbung als Edelsteine verkauft, oder, wie solche, zum Gravieren benutzt werden. Die Nachahmung ist oft recht täuschend, aber immer daran zu erkennen, dass Glas weicher ist als ein Edelstein und von einer guten Stahlspitze geritzt werden kann. Auch in der Wärmeleitung unterscheidet sich Glas von jedem kristallisierten Mineral, es ist ein schlechter Wärmeleiter und fühlt sich darum warm an. Man kann sich hiervon leicht überzeugen, wenn man in die eine Hand ein Stück Glas, in die andere einen Bergkristall nimmt, der Kristall ist immer kühler als das Glas; bei einiger Uebung kann man schon nach dem Gefühl einen Edelstein aus vielen gleich aussehenden geschliffenen Glasstücken herausfinden. Der Juwelier achtet immer bei Untersuchung eines Edelsteines auf die Wärmeleitung, verlässt sich aber weniger auf das feine Gefühl, als auf sein Auge, er haucht den Stein an und sieht zu, ob der Hauch schnell oder langsam verschwindet. Glas behält den Hauch länger als ein Edelstein, wenigstens wenn dieser zu einem kristallisierten Mineral gehört. Amorpher Opal verhält sich wie Glas und amorpher Bernstein fühlt sich noch wärmer an als Glas.

Nicht als Verfälschung ist es anzusehen, wenn echten Steinen eine vorteilhaftere Farbe gegeben wird, wenn z. B. gelber Topas durch Glühen in rosa gefärbten umgewandelt und dann als Rosatopas verkauft wird. Auch die Färbung der Achate, die wir später bei Chalcedon besprechen werden, wird niemand als Fälschung bezeichnen, höchstens die, welche darauf ausgeht, einen gefärbten Stein für einen andern auszugeben; z. B. wäre es wohl eine Fälschung, wenn grün gefärbter Chalcedon als Chrysopras oder Jadeit verkauft würde. Verfälschung liegt vor, wenn gelbliche Diamanten einen hauchdünnen Ueberzug eines violetten Farbstoffes bekommen und dann als farblose Steine höher verkauft werden Auch sonst werden künstlich entfärbte Steine andern wertvolleren untergeschoben, z. B. entfärbtes Tigerauge dem Katzenauge.

Viel gefährlicher als diese zum Teil groben Fälschungen ist für den Edelsteinkäufer die Sitte der Juweliere, die Steine mit Namen zu belegen, die ihnen als Mineral nicht zukommen. Seit jeher spielt bei den Schmucksteinen die Farbe eine Hauptrolle, derart, dass Steine, welche die gleiche Farbe besitzen, auch den gleichen Namen bekommen, auch wenn sie ganz verschiedenen Mineralien angehören und ihr Wert ein recht ungleicher ist. Einer der wertvollsten Edelsteine ist Rubin, eine rote Varietät des Minerals Korund, aber nur das wenigste von dem, was als Rubin verkauft wird, ist echter Rubin, vieles ist Spinell, Granat, Topas oder Turmalin; es wird wohl auch der echte Rubin als orientalischer Rubin, Spinell als Balasrubin, Granat als Kaprubin bezeichnet, immer aber bleibt der täuschende Name Rubin. Die gelben durchsichtigen Steine heissen Topas, aber nur die wenigsten gehören dem Mineral Topas an, orientalischer Topas ist gelber Saphir, Goldtopas und spanischer Topas gehören zu Bergkristall etc. Es wäre sehr zu wünschen, wenn die Edelsteinhändler und Juweliere sich immer mehr daran gewöhnen wollten, den

Edelstein mit seinem Mineralnamen zu bezeichnen, von den grossen Firmen geschieht dies schon jetzt immer mehr, sie wissen auch von den seltensten Steinen die richtigen Namen, aber das Publikum will getäuscht sein, es kauft lieber einen Rubin als einen Spinell.

Geschichtliches*. Wie die edlen Metalle werden auch die Edelsteine seit den ältesten Zeiten als Kleinode hoch geschätzt, und ursprünglich wurden sie um ihrer Farbe oder ihres Glanzes wegen in dem Zustand getragen, in dem sie gefunden wurden. In sehr früher Zeit aber wurden sie schon bearbeitet und je nach dem Zweck, dem sie dienen sollten, geschnitten oder geschliffen. Sie wurden als Amulette getragen, das Bild einer Gottheit wurde eingraviert, um ihre Kraft zu erhöhen und die geschnittenen Steine wurden zum Siegeln benutzt.

Schon im alten Babylonien, im Anfang des vierten Jahrtausend vor Christi, stand die Glyptik, die Kunst, Bilder in harten Stein zu schneiden, in hoher Blüte; die Steine dienten zum Siegeln, die Figuren waren daher vertieft eingeschnitten. Die ältesten Gemmen hatten die Form eines durchbohrten Cylinders, heissen darum Cylindergemmen (Tafel 40a, Figur 1). Ihr Bild wurde beim Abdrücken aufgerollt, und es wiederholte sich in der Regel zweimal rings um den Stein; auch die Abbildung zeigt uns das Bild der Gemme aufgerollt. Man könnte sie ihrer Form nach mit gewissen Tintenlöschern oder Kuchenwellen vergleichen. Das gewöhnlichste Material der alten Babylonier war Blutstein, daneben benutzten sie Marmor, Lapis lazuli, Jaspis, Porphyr, Serpentin und Bergkristall, später auch Amethyst, Chalcedon Sarder und Karneol. Die Technik war schon in früher Zeit hoch entwickelt. Die Steine der älteren Periode sind mit der Hand graviert, die der jüngeren mit dem Rade, die Gravierung, die vorher aus scharfen Strichen bestand, bekommt plastische Rundung und alle Striche enden rund. Das Rad wurde durch einen Bogen mit der Hand in Bewegung gesetzt, ob später auch durch Treten, ist nicht bestimmt zu sagen. Die Benutzung des Bogens hat sich bis heute erhalten, wenn auch nicht mehr zum Schneiden, so doch zum Durchbohren der Edelsteine (siehe Seite 193).

Die Steinschneidekunst verbreitete sich von Babylonien nach Aegypten, dessen älteste Gemmen ebenfalls Cylinderform haben, dazu gesellt sich bald der Scarabäus (Tafel 40a, Figur 3), ein ovaler Stein mit dem Bild des heiligen Mistkäfers, des Symbols des Sonnengottes, ein Motiv, das später von den Griechen und den alten Etruskern übernommen wurde. Die Gestalt des Käfers verschwand, die Form der Gemmen aber wurde beibehalten und so wurde der Name Scarabäus übertragen auf ähnlich geformte und ungefähr ebenso grosse Steine mit beliebigen andern Gravierungen. Uebrigens wurden die ägyptischen Scarabäen in der Regel aus weichem blauem oder blaugrünem fayenceartigem Material, das man ägyptisches Porzellan zu nennen pflegt, andere aus dunkelblauem, durchsichtigem Glasfluss hergestellt, Siegelbilder in härteren edleren Steinen sind selten. In der neuesten Zeit findet man im Edelsteinhandel wieder recht häufig als echte Scarabäen geschnittene Steine.

In der ältesten griechischen Zeit, der mykenischen Blütezeit, wurden die geschnittenen Steine als Schmuck, als Talisman und Amulette getragen, zum Siegeln dienten sie nicht. Dem entsprechend hat sich ihre Form geändert, die Steine sind linsenförmig oder schieberförmig (Tafel 40a, Figur 2), länglich, graviert oder glatt und durchbohrt, damit sie getragen werden konnten. In diese Zeit fällt die Entdeckung des Pflanzenornaments. Die zur Gravierung benutzten Steine waren in der frühmykenischen Epoche, wie zur Zeit ihres Verfalls vorzugsweise Steatit (Speckstein), der mit der Hand (mit Stichel

* Hierbei wurde das durch seine Abbildungen und Text gleich hervorragende, dreibändige Werk von Adolf Furtwängler: „Die antiken Gemmen“ benutzt und manches wörtlich daraus entnommen. Den Steinschneidern kann nicht genug empfohlen werden, ihre Vorlagen diesem Werk zu entnehmen und daran zu lernen.

Digitized by Google

und Bohrer) bearbeitet wurde, alle besseren Arbeiten der mykenischen Blütezeit sind indes in harten Steinen (denselben, die in Babylon benutzt wurden) und mit dem Rade graviert. In Mykenä selbst hat Tsundas das Atelier eines Steinschneiders entdeckt; er fand in einem Hause der Akropolis einen noch unbearbeiteten Vorrat an Steinen, wie sie für die Gemmen verwendet wurden, also Chalcedon, Achat, Bergkristall und andere, und in einem besonderen Zimmer einen unfertigen linsenförmigen Achat noch ohne Durchbohrung und ohne Bild.

Auch in den Trümmern des alten Troja in der I. und II. Ansiedelung, die noch der vormykenischen Zeit angehören, sind zahlreiche Perlen und Schieber aus Karneol, Lapis lazuli und Bernstein, Schaftknäufe und Linsen aus Bergkristall gefunden worden, die Knäufe halbkugelförmig mit Schaftloch und kleinen seitlichen Stiftlöchern zur Befestigung des Schaftes.

In der auf die mykenische Epoche folgenden Zeit tritt ein Verfall der Kultur und Kunst ein, es wird vorzugsweise weiches Material verarbeitet, kunstlos mit der Hand. Erst mit Ende des 7. Jahrhunderts verbreitet sich wieder die Radtechnik und finden Karneol, Chalcedon und Quarz wieder Verwendung, aber es dauerte noch lange, bis die hohe Stufe der mykenischen Kunst erreicht und überschritten wurde, das geschah in der Zeit Alexander des Grossen. Bis dahin waren die Figuren in den Stein vertieft eingeschnitten, jetzt tauchen die ersten erhaben geschnittenen Steine, die Kameen auf; die künstlerisch vollkommensten aller Kameen sind zur Zeit der Ptolemäer in Alexandria geschnitten. Auch in der Benutzung der Schichten bei gestreiften Steinen trat eine Aenderung ein. In der griechischen Glyptik wurde der Stein so geschliffen, dass die Schichten quer über das Siegel laufen, bei den Kameen wurden die Steine so bearbeitet, dass die Schichten horizontal liegen; der Farbenwechsel und die Dicke der einzelnen Schichten gab dem Künstler Gelegenheit, seine Geschicklichkeit in der Ausnutzung dieser Schichten zu zeigen.

Als die grossartigste aller erhabenen Arbeiten der Kameentechnik gilt die »Tazza Farnese«, das bedeutendste Werk alexandrinischer Kunst, das uns überhaupt geblieben ist. Ihm zur Seite stehen zwei grosse sogenannte Ptolemäerkameen, von denen wir eine in Figur 4 auf Tafel 40 a abgebildet haben. Diese Werke bezeichnen die Höhe der Kameentechnik, die später nie wieder erreicht ist.

In derselben Zeit treten die durchsichtigen, härteren, durch prächtige Farbe und hohen Glanz ausgezeichneten Edelsteine auf, die hauptsächlich aus dem von Alexander erschlossenen Indien kamen. Hyacinth, unser Kaneelstein, war der Lieblingsstein dieser Epoche, zu ihm gesellte sich sirischer Granat; auch Beryll und Topas wird jetzt mehr benutzt.

Diese farbigen harten Steine wurden konvex geschliffen, die dunkelroten sirischen Granaten auf der Unterseite auch konkav. Die farbigen Steine dienten für sich zum Schmuck, besonders aber zur Verzierung von Ohrgehängen, Halsbändern und goldenen Gefässen. Bei den Indern waren nach Strabo die metallenen Tische, Thronsessel, Becher und Waschgefässe zumeist mit Edelsteinen besetzt. Aus dem Orient kam die Sitte, Gefässe mit kostbaren Steinen zu zieren an die Höfe der Diadochen, von hier nach Rom. Ungeschnittene, rund geschliffene Steine wurden in der Kaiserzeit in Fülle zur Ausstattung von Gewändern, Gefässen, Schuhen, Waffen, Wagen und Prunkgeräten aller Art verwendet, ein unerhörter Luxus wurde auch hierin getrieben. Diese Sitte setzte sich bis in unser Mittelalter fort, wo die Prunksärge der Heiligen, die Reliquiarien, Kelche und Buchdeckel mit farbigen, rund geschliffenen Edelsteinen geschmückt wurden. Konstantin der Grosse schmückte zuerst die Krone mit Juwelen, aber schon Julius Cäsar trug im Theater einen mit Gold und Edelstein gezierten Kranz wie er den Göttern zukam.

Die griechischen Steinschneider, die durch Verschiebung der Machtverhältnisse in Griechenland und Alexandria brotlos geworden waren, fanden in Rom lohnende Be-

schäftigung, ihr technisches Können war aufs höchste entwickelt, kunstvolle Werke der Glyptik sind uns namentlich aus der Zeit des Augustus überliefert. Eine kleine, durch äusserst feine Arbeit ausgezeichnete Gemme aus dieser Zeit haben wir in Figur 5 der Tafel 40a abgebildet, sie stellt das Brustbild der Athena Parthenos des Phidias dar und ist die treueste und vollständigste aller erhaltenen Kopien dieses Meisterwerks. Die künstlerisch vollendetste Kamee dieser Epoche, die berühmte Gemma Augustea in Wien haben wir auf Tafel 58a abgebildet; auf dem zugehörigen Deckblatt sind die Figuren im einzelnen näher erklärt. Kleinere Kameen dienten als Schmuck, in Stein geschnittene Masken wurden von den römischen Offizieren wie die jetzigen Orden getragen.

An die in starkem Hochrelief gearbeiteten Kameen schliessen sich in der römischen Kaiserzeit Rundwerke von Edelstein an, sie unterscheiden sich von jenen dadurch, dass der Hintergrund fehlt und die Figur, meist eine Büste, völlig rund herausgearbeitet ist (Tafel 40a, Figur 6a und b). In der späteren römischen Kaiserzeit, schon im zweiten Jahrhundert nach Christus, verliert die Glyptik ihre Stellung als bevorzugte Modekunst und der Verfall beginnt.

Je tiefer aber die Kunst der Glyptik sinkt, desto höher steigt der Glaube an die magische Bedeutung der Steine; auf die künstlerische Ausführung kam es weniger an als darauf, dass die Steine mit einem, den Zauber verstärkenden Symbol versehen waren. Dies war bei den Abraxasgemmen der Fall, die in den ersten christlichen Jahrhunderten von Alexandria aus in den Handel gebracht wurden und als Zauberamulette eine grosse Verbreitung gefunden haben. In vielen von ihnen ist das Zauberwort Abraxas (*Αβραξας*) eingeschnitten, dessen griechische Buchstaben zusammen den Zahlenwert 365 haben $\alpha = 1$, $\beta = 2$, $\rho = 60$, $\xi = 200$, $\sigma = 100$, die Zahl der Tage im Jahre, die als heilige Zahl galt.

Die Renaissance bringt eine neue Blütezeit für die Steinschneidekunst, aber die Sicherheit, Leichtigkeit und die technische Vollendung der antiken Arbeiten haben die Renaissancekünstler nie erreicht und sie ist auch bis heute unerreicht geblieben, dafür ist heute die Technik der Steinschleiferei hoch entwickelt.

Die seit der Alexanderzeit benutzten farbigen Edelsteine wurden rund geschliffen, der Facettenschliff war im Altertum nicht bekannt, er soll sich erst seit dem dreizehnten Jahrhundert entwickelt haben; die Erfindung der vollkommensten Schliffform, des Brillanten, wird dem Kardinal Mazarin, einem geborenen Italiener zugeschrieben (um die Mitte des siebzehnten Jahrhunderts).

Die Edelsteinschleiferei ist mehr Handwerk als Kunst. Wenn auch zur Erreichung eines vollkommenen Schliffes genaue Kenntnis der Eigenschaften eines Steines gehört, so erfordert doch die Ausführung der Arbeit mehr eine gut laufende Maschine und einen aufmerksamen Arbeiter, als einen Künstler. An einem regelrecht geschliffenen Brillanten loben wir das richtig getroffene Verhältnis von Höhe zu Breite, wir schätzen ihn wegen seines Feuers, seines reinen Wassers und seiner Grösse, wir lassen uns blenden durch den Zauber, der von ihm ausstrahlt, wir bewundern die Natur, die ihn geschaffen hat, aber ein Kunstwerk ist der Brillant nicht. Die geschnittenen Steine, an sich meist unscheinbar, wirken durch die Form und den Inhalt der Bilder, mit denen sie geziert sind, es sind unvergängliche Dokumente der Kunst aller Zeiten, für die Kunst- und Kulturgeschichte von der allergrössten Bedeutung; eine Ptolemäerkamee hat einen tieferen Inhalt und höheren Wert als der grösste Diamant, der in einem Kronschatz verborgen ruht.

Heilwirkung der Edelsteine und Aberglaube*. Es dürfte wohl kaum einem Zweifel unterworfen sein, dass die Edelsteine ursprünglich als Schmucksteine getragen wurden; bald aber wurde der Stein, vielleicht nachdem er durch Generationen sich ver-

* H. Fühner, Lithotherapie. Berlin 1902.

erbt und seine Schönheit und Frische unverändert bewahrt hatte, zum heilbringenden Amulett für seinen Besitzer. Wie der Stein sich selbst, so sollte er auch seinen Besitzer schützen und Krankheit und Unglück von ihm fern halten; bloss durch seinen Besitz und seine Berührung sollte er wie ein Heilmittel wirken und die finsteren Geister, welche Unglück, Krankheit und Tod bringen, durch seine Zauberkraft verscheuchen. In späterer Zeit glaubte man diese Kraft durch Zaubersprüche, besonders durch das Wort Abraxas (Seite 198), noch erhöhen zu können, und die Edelsteine wurden um diese Zeit weniger als Schmuckstein als vielmehr als heilkräftiges Zauberamulett getragen. Aber nicht alle Steine besassen diese geheimnisvolle schützende Kraft und nicht jeder wirkte in der gleichen Weise. Es ist sehr bezeichnend, dass der weiche, durch sein wechselndes Farbenspiel unstete, unzuverlässige Edelopal als unglückbringend galt, darum von hochstehenden Damen auch in neuerer Zeit (Kaiserin Eugenie) nicht getragen wurde und heute noch von manchen Damen mit Misstrauen angesehen wird. Andererseits soll der Besitzer von Opal niemals augenleidend werden und die Umstehenden werden durch den Feuerglanz so geblendet, dass der Träger des Steines für sie unsichtbar wird. Der Opal wird darum Dieben besonders empfohlen. Von den Wirkungen, die den als Amulett getragenen Steinen zugeschrieben wurden, wollen wir nur einige nennen. Amethyst sollte vor Trunkenheit schützen, angenehme Träume erregen und dem Besitzer Glück bringen. Beryll soll gegen Augenleiden nützlich und der Liebe förderlich sein. Ein Beryll mit eingegrabenem Scarabaeus, wie wir einen auf Tafel 40a, 3 abgebildet haben, befähigt seinen Träger zur Wahrsagekunst und gewährt ihm Rednergabe, Bedingung ist dabei, dass der Besitzer einen keuschen Lebenswandel führt. Der Smaragd verleiht dem Gefangenen Freiheit und bewahrt den Seefahrer vor bösen Stürmen. Der Chrysolith ist gut für Fiebernde, heilt Magenschmerzen und Beschwerden der Nieren, der rote Jaspis stillt Blutungen, Saphir und der ebenfalls blaue Lapis lazuli soll bei Skorpionstichen nützlich sein.

Wenn die Steine schon durch blosse Berührung mit dem Körper eine solche Wirkung ausübten, wieviel grösser musste erst ihre Wirkung sein, wenn sie gepulvert in den Organismus eingeführt wurden! Und so sehen wir denn, dass die Edelsteine schon in früher Zeit als Arzneimittel verwendet werden und mancher schöne Stein mag dem Aberglauben zum Opfer gefallen sein. Diese medizinische Verwendung der Edelsteine ist in Europa hauptsächlich durch die Vermittlung der Araber zu ihrem Höhepunkt gelangt, hat sich Jahrhunderte gehalten, bis ihr durch wachsende chemische Erkenntnis der Boden entzogen wurde. So wurden die obengenannten und manche anderen Steine als Pulver eingenommen, u. a. der Blutstein als Mittel gegen Blutungen jeder Art und gegen tränende und blutunterlaufene Augen. Er sollte aus geronnenem Blute entstanden sein und galt darum wieder als blutstillend. »Man nennet ihn Blutstein, weil er als ein Adstringens in die Wunde gestreuet, oder auch interne gebrauchet, das Blut stillet. Uebrigens, angerieben und mit Wasser vermenget, einen roten Liqvorem giebet, endlich, wie der Aberglaube hinzufüget, in die Hand genommen, das Nasenbluten stillen sollte.« So heisst es in der früher (Seite 168) zitierten Mineralogie. Sicher haben nur wenige Stoffe solange Zeit als Arznei gegolten als der Blutstein.

Heute werden in katholischen Ländern immer noch Steine als Amulett getragen, so besonders der Chiastolith, der auf dem Querschnitt das Zeichen des Kreuzes zeigt. Der Aberglaube, der sich an die heilende und schützende Wirkung von Edelsteinen knüpft, ist noch lange nicht ausgestorben.

Diamant.

Der bekannteste und zu kostbarem Schmuck am meisten verwendete Edelstein ist der Diamant; vor andern ausgezeichnet durch hohe Härte, starke Lichtbrechung, sprühendes Feuer und Seltenheit.

Von allen bekannten Körpern besitzt Diamant die grösste Härte, auch nicht annähernd wird sie von einem andern Mineral erreicht, sie ist hundertundvierzigmal grösser als die von Korund, der nach Diamant das härteste Mineral ist und tausendmal grösser als die von Quarz (vergl. Seite 48). Die Härte verbürgt unbegrenzte Haltbarkeit des geschliffenen Steins. Schon den Alten war Diamant als der härteste Körper bekannt und Plinius berichtet: »Auf den Ambos gelegt, stossen sie den Schlag so zurück, dass Eisen und Ambos in Stücke zerspringt, auch das Feuer besiegen sie, denn sie entglühen nicht einmal. Diese Macht über Stahl und Feuer wird durch Bocksblut gebrochen, aber nur, wenn sie durch frisches und warmes gebeizt sind, und auch so erst nach vielen Schlägen und immer noch Ambos und Hammer sprengend.« Das ist nun eine Fabel und Plinius wird wohl gewusst haben, dass er seinen Lesern einen Bären aufbindet, denn bald darauf gibt er an, dass der Diamant beim Zerschlagen in ganz kleine Splitter zerspringe, die von dem Steinschneider in Eisen gefasst werden und dazu dienen, jeden harten Körper mit Leichtigkeit anzubohren. Trotzdem hat sich die Fabel von der Unbezwingbarkeit des Diamanten — daher auch sein Name, adamas, unbezwinglich — durch das ganze Mittelalter hindurch erhalten und es wird in den Schriften aus dieser Zeit noch hinzugefügt, dass die Kraft des Diamanten durch Bocksblut gebrochen werde, besonders wenn der Bock vorher Wein getrunken oder Petersilie gefressen habe. Tatsächlich lässt sich Diamant trotz seiner Härte leicht pulverisieren, denn er ist sehr spröd und besitzt dazu vollkommene Spaltbarkeit nach den Oktaederflächen. Die Sprödigkeit ist bei manchen so gross, dass sie von selbst zerspringen wie schnell gekühltes Glas. Von der Sprödigkeit macht man Gebrauch, um Diamantpulver herzustellen, das einzige Material, mit dem Diamant geschliffen werden kann; von der Spaltbarkeit macht man Gebrauch, um einem rohen Diamanten annähernd die Form zu geben, die er beim Schleifen bekommen soll, wollte man alles, was wegfallen muss, abschleifen, so würde dies sehr viel mehr Zeit kosten. Die besten Diamanten bekommen Brillantschliff und dem liegt, wie wir gesehen haben (Seite 189), das Oktaeder zu Grunde, die Spaltbarkeit gestattet, diese Form verhältnismässig leicht herzustellen.

Das lebhafte Feuer und Farbenspiel, die andere, am meisten in die Augen fallende Eigenschaft des Diamanten tritt erst im höchsten Grade hervor, wenn er in geeigneter Weise geschliffen ist und beruht auf der starken Lichtbrechung und der Farbenzerstreuung. Die Lichtbrechung findet in dem Brechungsexponenten, die Farbenzerstreuung in dem für verschiedene Farben abweichenden Werten der Brechungsexponenten ihren Ausdruck; man hat dafür an Diamant die folgenden Werte gefunden:

rotes Licht	$n = 2{,}40735$	(Linie B des Spektrums)
gelbes „	$= 2{,}41734$	(„ D „ „)
grünes „	$= 2{,}42694$	(„ E „ „)
violettes „	$= 2{,}46476$	(„ H „ „)

Infolge der starken Lichtbrechung besitzt Diamant auch schon in rohem Zustand ungewöhnlich starken Glanz, den man nach ihm Diamantglanz nennt und der bei etwas rauher Oberfläche metallischem Glanz sich nähert, rohe Diamanten sehen manchmal geradezu wie metallisches Blei aus. Auf der Innenseite der geschliffenen Diamanten tritt durch die

Digitized by Google

starke Lichtbrechung leicht Totalreflexion ein (vergl. S. 189) und es gilt, die Facetten so anzulegen, dass dies bei dem geringsten Substanzverlust möglichst oft geschieht. Durch die starke Farbenzerstreuung wird das Licht in rotes, grünes und blaues Licht getrennt und aus dem farblosen Stein strahlen diese leuchtenden Farben in unzähligen Farbenblitzen hervor.

Feuer und Farbenspiel sind am stärksten bei vollkommen farblosen und fehlerfreien Diamanten, Steinen ersten Wassers; eine auch nur geringe Färbung vermindert den Effekt, darum sind die schwach gelblichen Kapdiamanten bei gleicher Grösse weniger wertvoll, als die vollkommen klaren Brasilianer oder Indischen. Intensive Färbung, verbunden mit voller Durchsichtigkeit, ist sehr selten, am häufigsten sind noch entschieden gelbe Diamanten, dann folgen grüne, rote und blaue. In der Sammlung des Herrn Tornow in Frankfurt a. M. habe ich ausser farblosem geschliffenem Diamant, hellgelben, dunkelgelben und braunen, rosaroten, zart violetten, hellgrünen, aquamarinfarbigen und schwarzen Diamant gesehen, alle von tadelloser Beschaffenheit. Den berühmtesten blauen Diamanten besitzt Bankier Hope in London. Die tief schwarzen, dabei stark glänzenden Diamanten sind recht selten, sie kommen z. B. auf Borneo vor und werden als kostbarer Trauerschmuck verwendet.

Trübe, oft von Rissen durchzogene nahezu bleigraue Diamanten werden als **Bort** bezeichnet, die meisten gewonnenen Diamanten sind Bort.

Für Röntgenstrahlen ist Diamant vollkommen durchlässig und übertrifft im Grade der Durchlässigheit jedes andere Mineral, mit dem er etwa verwechselt werden könnte, so dass dies Verhalten zur Bestimmung von geschliffenem Diamant vorteilhaft verwendet werden kann. Unter dem Einfluss von Radiumstrahlen wird er zu kräftiger Phosphoreszenz gebracht und kann auch hierdurch von anderen Edelsteinen unterschieden werden (vergl. Seite 173).

Nun aber die **Form**, auch sie bietet mancherlei Bemerkenswertes, zunächst das, dass die Kristalle ringsum ausgebildet sind, sie müssen sich also in irgend einem Medium frei schwebend gebildet haben, denn wären sie mit einer Seite festgewachsen gewesen, so müssten hier die Flächen absetzen, das ist aber nicht oder nur selten der Fall (vergleiche die Kristalle auf Tafel 41). Die Kristalle sind regulär und haben oft oktaedrische Gestalt, so die in Figur 1, 2 und 3 unserer Tafel, aber gegenüber anderen Oktaedern sehen wir hier, dass die Kanten nicht ganz scharf ausgebildet sind, dass die Kristalle vielmehr in der Richtung der Kanten fein gekerbt sind. Die Textfigur 165 zeigt dies vergrössert und schematisiert. Es ist möglich, dass dies nur eine Wachstumserscheinung ist, es ist auch möglich, dass eine besondere Art von Zwillingsverwachsung vorliegt, wir wollen uns auf diese noch umstrittene Frage nicht weiter einlassen. Andere Kristalle haben die Gestalt des Rhombendodekaeders (Figur 5 auf Tafel 41), die Flächen und Kanten sind aber krumm, die Form wird daher auch als ein Achtundvierzigflächner aufgefasst, dessen Flächen durch Krümmung allmählich ineinander übergehen (Figur 6 und Textfigur 166). Auch der Pyramidenwürfel, der meist mit Würfel kombiniert auftritt, hat gekrümmte Flächen, die gewölbten Kristalle sind geradezu charakteristisch für Diamant. Neben diesen in der Form vollflächig regulären Kristallen hat man auch Tetraeder gefunden, die darauf hinweisen, dass der Diamant zur tetraedrischen Hemiedrie des regulären Systems gehört.

Fig. 165.

Diamant, Oktaeder mit gekerbten Kanten.

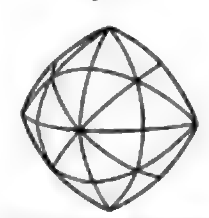


Fig. 166.

Diamant mit krummen Flächen.

Ein ungewöhnlich grosser Diamant in natürlicher Form und Grösse ist in der Figur 167 abgebildet, wir erkennen deutlich die oktaedrische Gestalt. Sein Gewicht betrug

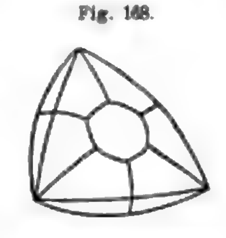
$457^{1}/_{2}$ Karat, nach dem Schleifen aber nur noch 180 Karat; wie alle grossen Diamanten hat auch er einen besonderen Namen »Viktoria« bekommen. Eine recht unregelmässige Form besitzt der grösste bekannte Diamant »Excelsior« (Figur 169 auf Seite 206).

Fig. 167.

Diamant, natürliche Form und Grösse.

Zwillingskristalle nach einer Oktaederfläche, ähnlich einem Zwilling von Magneteisen, sind meist nach der Zwillingsebene dünntafelig oder, wenn die Form das Rhombendodekaeder ist, flach linsenförmig (Textfigur 168), sie können vorteilhaft nur als Rosette geschliffen werden.

Fig. 168.



Zwilling von Diamant.

Besondere Flächenzeichnungen sind manchmal auf den Oktaeder- und Würfelflächen zu beobachten, bei den ersteren feine dreieckige, bei den anderen feine quadratische Vertiefungen.

Eine besondere Art ist der Carbonado, der etwa wie Koks aussieht; es ist feinkörniger, etwas poröser Diamant von schwarzer Farbe und findet sich in nuss- bis höchstens faustgrossen Massen in Brasilien; das grösste Stück wog etwa 650 g. Er besitzt die Härte von Diamant, soll sogar noch härter sein als dieser, ist dabei sehr zäh und fest, weil die Teilchen regellos durcheinander liegen und darum die Spaltbarkeit unwirksam ist und die Sprödigkeit fortfällt. So vereinigt sich in dem unscheinbaren Carbonado ausserordentliche Härte mit Zähigkeit und Festigkeit, Eigenschaften, durch die er sich wie kein anderer Stoff zum Besetzen der Kronen der Bohrmaschinen eignet, ein Kronjuwel für die Technik, ohne Carbonado wären die modernen Tunnelbauten kaum möglich.

Dass Diamant ein verbrennlicher Körper sei, glaubte Newton aus der starken Lichtbrechung folgern zu müssen; dass er Kohlenstoff sei und zu Kohlensäure verbrenne, hatte Lavoisier so gut wie bewiesen, den exakten Beweis erbrachte Tennant und in der neueren Zeit Krause. Diamant ist reiner Kohlenstoff; er verbrennt in kleinen Splittern schon in der Gasflamme, noch leichter im Sauerstoffstrom und das Verbrennungsprodukt ist reine Kohlensäure, Kohlendioxyd, das bekannte farblose Gas. In Spuren sind ihm manchmal fremde Körper beigemischt, die als Asche zurückbleiben. Unter gewissen Umständen ändert der Diamant bei hoher Hitze sein Aussehen und seine Eigenschaften und geht in den schwarzen und weichen Graphit über.

Recht bemerkenswert für Diamant ist sein hohes spezifisches Gewicht, das 3,52 beträgt, nur bei dem porösen Carbonado geht es bis zu 3,14 hinunter. Wir schliessen aus dem hohen spezifischen Gewicht, dass bei Diamant die kleinsten Teilchen sehr dicht gelagert sind. Von andern farblosen Edelsteinen hat Topas genau das gleiche spezifische Gewicht, beide aber lassen sich ausser an ihrem Feuer, das bei Diamant viel stärker ist, daran unterscheiden, dass Diamant einfach brechend, Topas doppelbrechend, optisch zweiachsig ist. Die anderen farblosen Edelsteine (Zirkon, Phenakit, Bergkristall) unterscheiden sich von Diamant ausser in diesen Eigenschaften noch in dem spezifischen Gewicht, das höher (Zirkon) oder geringer ist als das von Diamant. Von Glas, das bei gutem Schliff an Glanz und Feuer mit Diamant manchmal verwechselt werden könnte (nämlich, wenn das Glas durch bestimmte Stoffe stark lichtbrechend ist), kann Diamant immer durch seine viel höhere Härte, seine gute Wärmeleitung (Seite 195) und seine vollkommene Durchlässigkeit für Röntgenstrahlen unterschieden werden. Glas ist für Röntgenstrahlen nahezu undurchlässig.

Digitized by Google

Als Seltenheit treten in Diamant fremde Einschlüsse auf, die immer nur klein, aber doch recht wichtig sind, weil sie ein Licht auf seine Entstehung werfen; man hat darunter die folgenden Mineralien erkannt: Eisenglanz oder Titaneisen, Quarz, Rutil, Schwefelkies, Topas und Gold. Andererseits kommt auch Diamant als Einschluss in andern Mineralien, es wird Granat genannt, vor.

An Versuchen, Diamant künstlich darzustellen, hat es bei der Kostbarkeit dieses Minerals nicht gefehlt, und wenn es bisher auch nicht gelungen ist, ihn in grösseren Kristallen zu erzielen, die mit den natürlichen in Konkurrenz treten könnten, so haben die Versuche doch grosses wissenschaftliches Interesse, da sie uns den Schleier, der über die Entstehung des Diamanten ausgebreitet ist, lüften. Es ist schon lange bekannt, dass geschmolzenes Eisen Kohlenstoff auflöst und beim Erkalten als Graphit wieder ausscheidet. Lässt man aber das Eisen unter hohem Druck oder sehr schnell erkalten, so kristallisiert nach den Versuchen von H. Moissan ein kleiner Teil des Kohlenstoffs als Diamant; dies ist recht wichtig zur Erklärung des Vorkommens von Diamant in Meteoreisen; auch in Stahl und Hartgusseisen ist Diamant nachgewiesen. Es ist aber auch möglich, Diamant ohne Anwendung von besonders hohem Druck zu erzielen, es kann sich nämlich nach Versuchen von J. Friedländer und Hasslinger in einer dünnflüssigen Olivinschmelze, die mit Kohle in Berührung gekommen ist, Diamant bilden. Dies ist wichtig zur Erklärung der Entstehung der Kapdiamanten, die in einem solchen Silikatgestein sich finden. Durch Anwendung sehr hoher Temperaturen 2000—3000° ist es gelungen, durch Zersetzung von Acetylen neben Graphit auch Diamant darzustellen und neuerdings hat A. Ludwig einen Versuch beschrieben, bei dem direkte Umwandlung von Kohle in Diamant erfolgt sein soll.

Das Vorkommen und damit die natürliche Entstehung des Diamanten birgt noch manches rätselhafte. An den meisten Fundorten befindet sich Diamant offenbar nicht mehr in dem Gestein, in dem er sich gebildet hat, sondern in fremder Umgebung, nur in Südafrika scheint ersteres noch der Fall zu sein. Hier findet er sich in einem olivinführenden Eruptivgestein und es ist anzunehmen, dass er sich in diesem in dem Erdinnern gebildet und mit ihm bei einer heftigen, explosionsartigen Eruption an die Oberfläche gelangt sei; wir kommen nachher darauf zurück.

Von den Fundorten des Diamants sind die in Ostindien am längsten bekannt, nicht nur die fabelhaften Diamantschätze der indischen Fürsten stammen von hier, auch die Römer haben aus Indien den Diamant bezogen und bis in die erste Hälfte des 18. Jahrhunderts kam kaum ein anderer Fundort in Betracht. Die Diamanten finden sich hier auf der Ostseite des Hochlands von Dekkan in weiter Verbreitung von Süden nach Norden in den Flussgebieten des Panar, Kistnah, Mahanady und in der Umgebung von Panna, südwestlich von Allahabad am Ganges, und sind im Gebirge auf eine einzige, nicht sehr mächtige, erdige und geschiebereiche Schicht beschränkt, sie sind gleichzeitig mit dieser abgelagert, nachdem das Gestein, in dem sie ursprünglich eingewachsen waren und das nicht mehr bekannt ist, zerstört war. Auch diese Schicht ist zum Teil durch Wasser abgetragen und von Flussläufen durchschnitten, mit dem Gestein ist auch der Diamant fortgeführt und findet sich in dem Gerölle, das die Flüsse auf ihrem Weg zur Ebene abgesetzt haben. Die indischen Diamanten zeichnen sich durch vollkommene Klarheit, starkes Feuer, lebhaftes Farbenspiel und Grösse aus, die meisten der altberühmten grossen Diamanten stammen aus Indien, namentlich auch die wenigen roten und blauen Diamanten. Nach Entdeckung der Diamanten in Brasilien hat die Produktion erheblich abgenommen, noch mehr, seit die Kapdiamanten den Markt überschwemmen.

In Brasilien sind die ersten Diamanten im Jahre 1725 gefunden worden. Die wichtigsten Diamantbezirke liegen in den Provinzen Minas Geraes in der Umgebung der Stadt

Diamantina und in der Provinz Bahia. In der Provinz Minas Geraes ist der Diamant von Quarz, Rutil, Anatas, Turmalin, Eisenglanz, Monazit und andern Mineralien begleitet und hat sich vielleicht ursprünglich in Quarzgängen gebildet, die die andern Gesteine hier durchsetzen, es sind aber nur seine Begleitmineralien hierin aufgefunden, Diamant selbst noch nicht. Durch die Zerstörung der Gänge ist er in die Trümmergesteine gekommen, in denen er sich jetzt findet. Das älteste ist ein glimmerreicher Quarzsandstein, der die Eigentümlichkeit hat, dass er in dünnen Platten biegsam ist; er wird darum Gelenkquarz genannt, nach einem Fundort heisst er auch Itakolumit. Auch dieser ist wieder zerstört und die Trümmer mit Diamant und den Begleitmineralien liegen zum Teil noch auf den Höhen, wie bei Diamantina, zum Teil sind sie durch die Gewässer zu Tal geführt und treten am Gehänge über den jetzigen Flussläufen und im Tal innerhalb deren Ueberschwemmungsgebiet auf, es sind junge Geröllablagerungen und die Steine mit Ausnahme des Diamant sind um so mehr abgerollt, je weiter sie von der Höhe transportiert sind. Die losen Gerölle wurden später durch ein oft eisenschüssiges Bindemittel wieder verkittet, ein kleines solches Stück mit einem kleinen Diamant ist in Figur 7 auf Tafel 41 abgebildet. Das mit Ton gemengte Gerölle hat den Namen Cascalho bekommen. So haben die Diamanten in der Natur schon oft ihre Stelle gewechselt, wie später in der Hand der Menschen ihren Besitzer.

Aehnlich wie in Minas Geraes ist das Vorkommen in der Provinz Bahia, wo besonders reiche Funde im Jahre 1844 in der Serra da Concorá gemacht worden sind; zugleich ist dieses Gebiet der Fundort des Carbonado, der in Minas Geraes und Afrika nur selten, in Indien gar nicht vorkommt.

Die Grösse der Brasilianer Diamanten ist durchschnittlich viel geringer als die der indischen und Kapdiamanten, die meisten wiegen $^1/_4$ Karat und weniger, der grösste, »Südstern« genannt, wog $254^1/_2$ Karat, als Brillant geschliffen 125 Karat. Die häufigsten Formen sind Würfel, Rhombendodekaeder und linsenförmige Zwillinge, die Qualität steht der der indischen nahe und übertrifft die der Kapdiamanten.

Von Beginn der Produktion an bis zum Jahre 1850 sollen in Brasilien für $316^1/_2$ Millionen Mark Diamanten gewonnen sein, davon mehr als die Hälfte in Minas Geraes; auch heute sind die Lager noch nicht erschöpft und es ist so gut wie sicher, dass noch unbekannte Lager im Boden des weiten, wenig durchforschten Landes verborgen liegen.

In Südafrika ist der erste Diamant im Jahre 1867 bekannt geworden, Burenkinder hatten den glänzenden Stein gefunden und als Spielzeug aufgehoben, es war ein Kristall von $21^9/_{16}$ Karat. Als Sehenswürdigkeit wurde er auf der Pariser Weltausstellung gezeigt, bald fanden sich in derselben Gegend andere, ebenfalls grosse Diamanten, ein Diamantfieber ergriff die Bewohner und lockte andere heran, ähnlich wie das Goldfieber nach den Goldfunden in Kalifornien und neuerdings in Alaska, und der Erfolg der Diamantgräber (Diggers) war über alle Massen gross, Kimberley im Oranje-Freistaat, heute eine Stadt von über 30 000 Einwohner, darunter 12 000 Weisse, wurde gegründet, und hier am 7. November 1871 die englische Flagge gehisst; wie dreissig Jahre später das Goldland Transvaal, nahm England jetzt das Diamantgebiet des Oranje-Freistaats in Besitz.

Die ersten Diamantgruben wurden im Tal des Vaalflusses angelegt und die Diamanten aus dem Sande durch Wasser ausgewaschen, darum heissen diese Gruben die »River diggings«; bald wurden auch auf dem wasserlosen Plateau Diamanten gefunden, aus der trockenen, ausgegrabenen Erde wurden die Diamanten herausgesucht, darum heissen diese Gruben die »dry diggings«, sie sind durch ihren ausserordentlichen Reichtum an Diamant die wichtigsten Fundgruben des gesuchten Edelsteins geworden. Die Hauptgruben befinden sich in der Nähe der Stadt Kimberley und haben die Namen

»Kimberley«, »De Beers«, »Bultfontein«, »Du Toits Pan«, »Jagersfontein«, »Koffifontein« und andere.

Ganz eigenartig ist nun das Gestein dieser Gruben und seine Beziehung zu dem Nebengestein. Das Nebengestein besteht aus nahezu horizontal liegenden Schichten von Schiefer und Quarzit mit eingeschalteten Lagern von Diabas, das diamantführende Gestein hebt sich von diesem scharf ab, es ist ein zu Serpentin verwittertes Olivingestein und füllt trichterförmige Vertiefungen aus, die in das Nebengestein bis in unbekannte Tiefen eingesenkt sind. Es sind Explosionstrichter, erzeugt durch vulkanische Eruptionen, in ihrer Form den Maaren der Eifel vergleichbar. Ihr Umriss ist kreisförmig oder elliptisch, ihr Durchmesser beträgt 200—300 m; nur wenig erhebt sich ihre Masse über die Oberfläche, eine Decke von Kalk hat sie gegen die abtragende Wirkung des Wassers geschützt. Das Gestein ist nicht schlackig wie das, welches sonst die Kraleröffnungen füllt, es scheint mehr ein in der Tiefe zerstörtes, völlig zertrümmertes Gestein zu sein, das durch hochgespannte Wasserdämpfe, die sich durch ihren unwiderstehlichen Druck gewaltsam einen Weg durch die Erdkruste gebahnt und die Explosionstrichter ausgeblasen haben, an die Oberfläche befördert wurde. Bei nachlassendem Druck und verminderter Temperatur haben sich die Dämpfe verdichtet und haben mit dem zertrümmerten Gesteinsmaterial Schlammmassen gebildet, die die Trichter bis zum Rande ausgefüllt haben. Das Gestein hat jetzt in der Hauptsache die Zusammensetzung von Serpentin, wasserhaltigem Magnesiasilikat, was darauf hindeutet, dass es ursprünglich ein Olivingestein, wasserfreies Magnesiasilikat war. Seine Farbe ist in grösserer Tiefe blau bis schiefergrau, es heisst der blaue Grund, »blue ground« — zwei Stücke mit Diamant sind in Figur 4 und 5 abgebildet —, in den oberen Teilen der Kraterfüllung, etwa 25 m tief, ist das Gestein durch die Atmosphärilien oxydiert, es ist gelb geworden und heisst der gelbe Grund, »yellow ground«. Vielleicht ist das Gestein der Figur 6 auf Tafel 41 solch gelber Grund. Begleitmineralien des Diamanten sind ein schön durchsichtiger, Kaprubin genannter Granat, Enstatit, Chromdiopsid und Titaneisen.

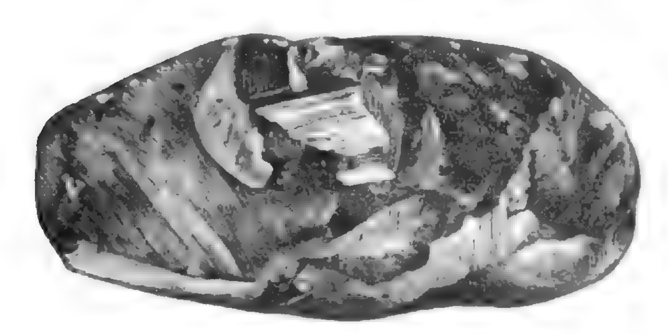
Der Gewinnung des Diamanten kommt die lockere Beschaffenheit des blauen Grundes sehr zu statten, er kann verhältnismässig leicht abgebaut und zum Auswaschen vorbereitet werden. Auf 100—200 m Tiefe wird das Gestein durch Tagebau abgebaut, bei grösserer Tiefe tritt regelrechter Bergwerksbetrieb ein, ein Schacht führt in die Tiefe, von diesem Querstollen in den blauen Grund. Der geförderte blaue Grund bleibt erst auf den »Floors« ausgebreitet ein Jahr lang liegen, bis er zerfällt, darauf wird er den Waschapparaten überliefert, die so eingerichtet sind, dass sie die schwereren Mineralien, darunter Diamant zurückhalten; zuletzt kommen diese auf Schüttelsiebe, die mit einem besonderen Fett bestrichen sind, an dem merkwürdigerweise nur der Diamant, aber nicht die andern Mineralien kleben bleiben.

Unter den so gewonnenen Diamanten befinden sich ausser den unversehrten Kristallen auch Splitter, jedenfalls bei der Eruption zersprungene Diamanten, denn sie sind nicht etwa bei der Aufbereitung zersprungen, sondern finden sich als Bruchstücke im blauen Grund und immer sucht man vergeblich nach den zusammengehörenden Teilen eines und desselben zerstückelten Kristalls. Wir haben ja gesehen, dass manche ohne äussere Veranlassung zerspringen, und so werden andere bei der Eruption zersprungen sein; dies mag damit zusammenhängen, dass sie durch die Eruption aus grosser Tiefe plötzlich an die Oberfläche gelangten und durch die starke Druckverminderung ihr Bestand gefährdet wurde. Wegen des Spannungszustandes, in dem sie sich befinden, würde eine Verletzung vollständiges Zerbersten zur Folge haben; diese Diamanten können daher nicht geschliffen werden. Sie besitzen in der Regel schwach rauchgraue Farbe mit sehr lebhaftem Glanz, es sind die »smoky stones«. Wenn man ihren Spannungs-

zustand mit blossem Auge nicht wahrnehmen kann, lässt er sich im Polarisationsapparat an einer mehr oder weniger starken Doppelbrechung erkennen, die diese Diamanten ähnlich wie gepresstes oder schnell gekühltes Glas besitzen, während normaler guter Diamant einfachbrechend ist.

Obwohl die Gruben viel Diamant liefern, ist er doch nur sparsam in dem Gestein enthalten. Die Diamantausbeute von 100 Kippwagenladungen blauen Grundes erreicht bei der de Beers- und der Kimberley-Mine 70—80 Karat, bei der Premier-Mine nur 30 bis 40 Karat, d. h. man muss von dem Gestein der beiden ersteren, der reichsten Minen, etwa sechs Tonnen Gestein auswaschen, um einen Gramm Diamant zu erhalten und meist ist nur der kleinere Teil hiervon schleifwürdige Ware. Hierunter aber befinden sich verhältnismässig viel grosse Steine, solche von 20 Karat, die in Brasilien selten sind, sind hier häufig. Der grösste aller Diamanten, der 971½ Karat schwere, recht unregelmässig geformte Excelsior, ungefähr von der Form und Grösse eines Hühnereis (Figur 169), ist auf der Grube Jagersfontein im Jahre 1893 gefunden worden. Ihm stehen andere grosse Kapdiamanten zur Seite, den 457½ Karat schweren Stein Viktoria haben wir in Figur 167 abgebildet, nur wenig leichter ist der 428½ Karat schwere De Beers-Diamant, ein sehr regelmässig gebildeter oktaedrischer Kristall mit abgestumpften Kanten. In der Qualität stehen die Kapdiamanten gegen die indischen und Brasilianer im allgemeinen zurück, da die meisten ganz schwach gelblich gefärbt sind. Freilich bemerkt man diese gelbliche Färbung so gut wie gar nicht, erst wenn ein Kapdiamant neben einen Brasilianer gehalten wird, tritt sie hervor. Die feinsten seltensten sind blauweiss, die gelblichen heissen Kapweiss.

Fig. 169.



Excelsior, der grösste Diamant in natürlicher Form und Grösse.

Die Produktion wird, seit die De Beers-Gesellschaft die Minen in ihren Besitz vereinigt hat, so geregelt, dass sie nicht übermässigen Schwankungen unterworfen ist. Es werden jährlich 2½—3 Millionen Karat gewonnen im Werte von ungefähr 4 Millionen Pfund, also für etwa 80 Millionen Mark. Bei dem grossen Wert der Diamanten ist die Gefahr des Diebstahls seitens der Arbeiter immer sehr gross, und es sind die schärfsten Massregeln getroffen, ihr zu begegnen. Die Arbeiter, Neger, dürfen, so lange sie mit der Gewinnung der Diamanten beschäftigt sind, ihre, mit vier Meter hohen Stacheldrahtzaun umschlossenen Arbeitsplätze, Compound genannt, nicht verlassen und vor ihrer Entlassung werden sie der peinlichsten Visitation ihres Körpers und einer achttägigen energischen Behandlung mit Rizinusöl unterworfen, trotz allem werden jährlich schätzungsweise noch für 3—4 Millionen Mark Diamanten entwendet.

Wo kommt nun der Diamant her und wie ist er entstanden?

Darüber dürfte kein Zweifel sein, dass er mit dem Gestein, in dem er sich jetzt findet, aus der Tiefe emporgefördert und in ihm entstanden ist und er muss fertig in ihm vorhanden gewesen sein, ehe er durch die Eruption an die Oberfläche befördert wurde, das beweisen uns die im Gestein zerstreuten Splitter und es wird wahrscheinlich gemacht durch die Beschaffenheit des Gesteins, das den Eindruck eines in der Tiefe entstandenen und durch die Eruption zertrümmerten Olivingesteins macht. Der Kohlenstoff ist von Haus aus in der glutflüssigen Gesteinsmasse enthalten gewesen und er hat sich bei der Erstarrung des Gesteins in der Tiefe aus diesem als Diamant ausgeschieden. Diese Ansicht wird durch das

Digitized by Google

Experiment von Friedländer bestätigt, wonach aus einer Olivinschmelze Kohlenstoff als Diamant sich ausscheiden kann (Seite 203) und durch einen weiteren Versuch, nach dem Diamant von dem geschmolzenen »blauen Grund« aufgelöst wird. Wenn die Ausscheidung aus einem Eruptivgestein für das eine Vorkommen von Diamant als sehr wahrscheinlich angenommen werden kann, gilt es wohl auch für andere Diamantvorkommen, nur besteht der Unterschied, dass man bei diesen das Muttergestein nicht kennt, das in Südafrika durch die Besonderheit des Auftretens in der Erdkruste erhalten ist.

Gegenüber diesen drei Diamantländern kommen die andern Gegenden, in denen sich Diamant gefunden hat, nicht in Betracht.

In Australien sind auf Goldfeldern und Zinnseifen, besonders in Neu-Südwales Diamanten gefunden worden, aber keiner schwerer als 6 Karat.

Auf der Süd- und Südostseite von Borneo sind nicht wenig Diamanten gefunden worden, die meisten aber sind sehr klein, 95% unter ein Karat schwer; im Besitz des Fürsten von Landack und des Radscha von Mattam sollen sich aber Diamanten von Borneo von über 50 und 100 Karat befinden. Sie sind vollkommen durchsichtig und wasserklar oder noch häufiger gelb, aber auch rosa, rot, bläulich, rauchfarben oder schwarz. Die roten und blauen sind sehr selten und deshalb sehr geschätzt, noch seltener sind die schwarzen, nach denen seitens der Eingeborenen vielleicht die grösste Nachfrage herrscht, weil sie als Amulette gegen Unglück gelten. Seine Begleiter sind Gold, Platin, Korund, Rutil und andere Mineralien.

In den Vereinigten Staaten von Nordamerika sind nur ganz vereinzelt Diamanten gefunden worden, der grösste im Boden der Stadt Manchester; er wog roh 23¾ Karat.

Grössere Bedeutung hat das Vorkommen von Diamant in Britisch-Guyana im Gebiete des Mazaruniflusses, wo im Jahre 1901 3076 Karat Diamanten gewonnen wurden; die meisten Steine sind achtkarätig und kleiner und sollen den Brasilianern zum Verwechseln ähnlich sein.

In Europa sind die einzigen Diamanten im Ural gefunden worden. Alexander v. Humboldt hatte wegen der Aehnlichkeit der brasilianischen und der uralischen Gold- und Platinvorkommen die Ansicht ausgesprochen, dass auch im Ural Diamant vorkommen müsse und in der Tat wurde, während er sich mit Gustav Rose im Ural aufhielt, auf einer Goldwäsche bei Bissersk der erste Diamant gefunden, nicht von Humboldt selbst, sondern einem zeitweiligen Reisebegleiter Grafen Polier. Seitdem hat man mehrfach Diamant im Ural gefunden, der grösste wiegt 2½ Karat.

Besonderes Interesse verdient das Vorkommen von Diamant in Meteoreisen (vergl. bei diesem Seite 156), es sind allerdings nur mikroskopisch kleine Körnchen, aber sie beweisen uns doch, dass auch ausserhalb der Erde Diamant vorkommt, seine Bildungsweise in Meteoreisen entspricht der der Moissanschen Diamanten (Seite 203), die aus geschmolzenem Eisen kristallisiert erhalten wurden. Graphit in der Form von Diamant ist aus Meteoreisen schon länger bekannt, wahrscheinlich ist es Diamant gewesen, der sich später in Graphit umgewandelt hat.

Verwendung: Dass der Diamant vorzugsweise als Schmuckstein verwendet wird, ist bekannt, und wir haben bereits erwähnt, wie er geschliffen wird (Seite 189) und wie er von andern farblosen Steinen unterschieden werden kann (Seite 202). Der wichtigste Sitz der Diamantschleiferei ist Amsterdam, die grössten und wertvollsten Diamanten werden nur hier geschliffen. Kleinere, aber auch recht bedeutende Schleifereien befinden sich unter anderem in Paris, Berlin, Hanau und Idar; hier werden besonders kleinere Diamanten sehr fein geschliffen.

Der Wert des geschliffenen Diamanten richtet sich nach dem Grad seiner Färbung, seiner Grösse und der Schliffform; ein Brillant vom ersten Wasser im Gewicht von einem

Karat hatte im Jahre 1878 (Pariser Weltausstellung) einen Wert von 220 Franken; ein solcher von 10 Karat einen Wert von 3250 Franken, von 20 Karat einen Wert von 11400 Franken. Durch die politischen Verhältnisse in Südafrika sind die Preise jetzt höher als früher. Der Preis für einen 1 Karat schweren Brillant erster Qualität ist mir (im Jahre 1903) zu 500 Mark angegeben worden, der für einen 10 Karat schweren Stein zu 12—14000 Mark. Der Wert von Brillanten zweiten Wassers ist etwa zwei Drittel von dem ersten Wassers, der Wert einer Rosette etwa vier Fünftel von dem eines Brillanten bei sonst gleicher Qualität des Steines. Für besonders grosse oder intensiv gefärbte grüne, rote und blaue Steine werden Liebhaberpreise gezahlt, für die es keine Regel gibt.

Die grossen Diamanten sind zum Teil schon seit alten Zeiten im Besitze von Fürsten und manche von ihnen haben ihre Geschichte, oft hat der Besitz gewechselt. Der Regent im Besitz des französischen Staatsschatzes ist in den Gruben von Partial in Indien gefunden, wog in rohem Zustand 410 Karat, als vollkommener Brillant geschliffen $136^{14}/_{16}$ Karat, sein Wert wurde vor 100 Jahren auf 12 Millionen Franken festgesetzt. Der Kohinur, jetzt im Besitz des englischen Staatsschatzes, gehörte zuvor dem Fürsten von Lahore, wurde von der englisch-ostindischen Compagnie erbeutet und von ihr im Jahre 1850 der Königin Viktoria überreicht. Er wog damals 186 Karat, war aber unvorteilhaft geschnitten, wurde darum zu einem Brillant umgeschliffen und wiegt nun 106 Karat; sein Wert wird auf 2 Millionen Mark geschätzt. Der Orlow ist der grösste Diamant des russischen Kronschatzes, sein Gewicht beträgt $194^{3}/_{4}$ Karat, er hat die Form einer hohen, unregelmässigen Rosette und stammt gleichfalls aus Indien. Der Florentiner in der Schatzkammer der Wiener Hofburg wiegt $133^{1}/_{5}$ Karat, ist schwach gelblich und hat die Form einer eiförmigen Doppelrosette (Briolett), er soll Karl dem Kühnen gehört haben und von diesem in der Schlacht von Granson verloren und von einem Schweizer gefunden sein. Aehnliches wird von dem kleineren Sancy ($53^{12}/_{16}$ Karat) berichtet, der sich jetzt in dem Besitz eines indischen Fürsten befinden soll. Alle die bisher genannten Diamanten stammen aus Indien. Der Südstern ist der grösste in Brasilien gefundene Diamant, er wog roh $254^{1}/_{2}$ Karat, als Brillant geschliffen $125^{1}/_{2}$ Karat und ist in den Besitz eines indischen Fürsten übergegangen. Der Stern von Südafrika, ein Stein ersten Wassers, wurde 1869 am Vaalfluss gefunden, wog roh $83^{1}/_{2}$ Karat, als oval dreiseitiger Brillant geschliffen $46^{1}/_{2}$ Karat und wurde auf eine halbe Million Mark geschätzt. Er befindet sich im Besitz der Herzogin von Dudley. Seitdem sind noch andere grössere Diamanten in Südafrika gefunden worden, den grössten von allen, Excelsior, haben wir schon kennen gelernt. Wegen der Grösse des kostbaren Steines hat man sich bis jetzt nicht getraut, ihn schleifen zu lassen. Vor einiger Zeit erst hat sich ein Syndikat gebildet, das den Schliff in Amsterdam ausführen lassen will.

Von grossen farbigen Diamanten ist besonders zu nennen: Der Diamant von Hope, nach dem Besitzer genannt, vereinigt die blaue Farbe des Saphirs mit dem Feuer und Farbenspiel des Diamant, ist ein Brillant von $44^{1}/_{4}$ Karat und stammt aus Indien. Der Bankier Hope erwarb ihn für 18000 Pfund Sterling. Ein blassblauer Brillant von 40 Karat befindet sich in der bayrischen Schatzkammer. Unter den grünen Diamanten ist der berühmteste der im grünen Gewölbe in Dresden, ein mandelförmiger Brillant von 40 Karat.

Ausser als Schmuckstein findet Diamant wegen seiner hohen Härte vielfach Verwendung, Bort und Carbonado zum Besetzen der Kronen von Bohrmaschinen, zum Abdrehen von Instrumenten- und Maschinenteilen und von Kanonen, durchbohrte Diamanten in der Drahtzieherei, Kristalle mit natürlichen gerundeten Kanten zum Glasschneiden (Glasdiamant), scharfe Splitter zum Schreiben in Glas (Schreibdiamant), das Pulver zum Schleifen von Diamant und anderen harten Edelsteinen und zum Besetzen von Kristallschneidemaschinen.

Graphit.

Graphit besteht ebenso wie Diamant aus Kohlenstoff und doch welche Gegensätze zwischen diesen beiden Mineralien! Diamant das härteste Mineral, Graphit das weichste, Diamant vollkommen durchsichtig, Graphit undurchsichtig, Diamant schön kristallisiert, Graphit meist nur blättrig und schuppig, Diamant Nichtleiter, Graphit Leiter der Elektrizität, grössere Gegensätze zwischen zwei Mineralien sind kaum denkbar und doch bestehen beide aus Kohlenstoff. Dass zwei Körper, welche dieselbe chemische Zusammensetzung haben, gänzlich verschiedene Eigenschaften besitzen, ist nicht so selten, aber selten sind die Unterschiede so sinnfällig wie bei Diamant und Graphit. An zwei allbekannte Stoffe, die Holzfaser (Zellstoff oder Cellulose genannt) und Stärke, könnten wir hier erinnern. Sie haben beide die gleiche chemische Zusammensetzung und doch sind sie in ihren Eigenschaften gänzlich verschieden, die Stärke, die im Brotmehl und der Kartoffel enthalten ist, ist das wichtigste Nahrungsmittel, kann leicht in andere Stoffe, wie Zucker oder Alkohol übergeführt werden, Cellulose ist unverdaulich und gibt weder Zucker, noch Alkohol oder ein anderes Nahrungsmittel. Man bemüht sich, aus Kohle den wertvollen Diamant darzustellen und die Chemiker hoffen, dass es ihnen noch gelingen werde, Holzfaser in nährende Stärke überzuführen, aber bis jetzt ist die Umwandlung nicht gelungen. Die Chemiker lehren uns, dass die Zusammensetzung von Holzfaser und Stärke, wie sie durch die quantitative Analyse gefunden wird, die gleiche ist, dass aber die Elemente in beiden Körpern in verschiedener Weise miteinander verbunden sind, dass die chemischen Moleküle verschieden sind und so wird es sich auch mit Diamant und Graphit verhalten, sei es, dass das chemische Molekül des einen mehr Atome enthält als das des anderen, oder die Atome bei gleicher Zahl in den Molekülen beider in verschiedener Weise miteinander verbunden sind. Beide Mineralien sind nämlich nicht nur in ihrer Form und ihren physikalischen Eigenschaften, sondern auch in ihrem chemischen Verhalten verschieden; Graphit kann durch ein Oxydationsgemisch von Kaliumchlorat und Salpetersäure in einen neuen Körper von recht komplizierter Zusammensetzung, in die gelbe pulverige Graphitsäure übergeführt werden, aus Diamant lässt sich dieser Körper nicht darstellen.

Der Graphit bildet blättrige, schuppige, faserige Aggregate oder nahezu dichte Massen, ist metallisch glänzend, eisenschwarz bis dunkelstahlgrau und besitzt vollkommene Spaltbarkeit nach einer Richtung. In Figur 8 und 9 auf Tafel 41 sind zwei solche Stücke abgebildet, das eine regellos blättrig, das andere faserig. Die seltenen Kristalle bilden sechsseitige Tafeln und gehören wahrscheinlich dem hexagonalen System an.

Wegen der geringen Härte fühlt sich Graphit fettig an und färbt ab, sein spezifisches Gewicht ist 2,2, also viel geringer als das von Diamant. In der Temperatur des Bunsenbrenners lässt er sich verbrennen, wenn dünne Schüppchen und reines Material benutzt wird. Meist enthält Graphit allerhand unverbrennbare Beimischungen, die als Asche zurückbleiben, ihr Betrag kann bis zu 13 %, bei technisch immer noch verwertbarem Graphit auch weit höher steigen.

Als Lösungsmittel für Graphit und Kohlenstoff überhaupt ist geschmolzenes Eisen bekannt; sobald der Kohlenstoffgehalt des grauen Gusseisens einen gewissen Grad übersteigt, scheidet er sich beim Erkalten wieder aus und zwar in der Regel als Graphit, manchmal in ganz guten Kriställchen.

In der Natur findet sich Graphit zum Teil als Gemengteil von kristallinischen Gesteinen, bisweilen selbst gesteinsbildend im Graphitschiefer, und er ist hierin aus Kohle oder kohlenstoffreichen Substanzen dadurch entstanden, dass Eruptivgesteine in

der Nähe hervorgebrochen sind und durch ihre Hitzewirkung die Kohle in Graphit umgewandelt haben.

An anderen Orten tritt er gangförmig oder sonst in einer Weise auf, dass man annehmen muss, er sei aus Gasen, die aus dem Erdinnern hervorgebrochen sind, durch deren Zersetzung entstanden und diese Annahme kann sich darauf gründen, dass Gase, wie Acetylen, oder in der Hitze verdampfbare Stoffe, wie Siliciumkarbid, bei ihrer Zerlegung durch Hitze Graphit bilden.

Einige der Hauptfundorte für Graphit sind: Pfaffenreuth bei Passau in Bayern, Miask am Ilmengebirge, im Gouvernement Jenisseisk an den Flüssen Kureika und Nischnaja Tunguska, besonders aber im Gouvernement Irkutsk im Batugolskoi-Golez zwischen den Flüssen Besimiannaia und Batugol im Tunkinsker Gebirge gegen 400 km westlich von Irkutsk die Graphitgrube Mariinskoi, die von Alibert und Faber ausgebeutet worden ist. In den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika wird Graphit besonders bei Ticonderoga im Staate New York gewonnen. Die reichsten Lager besitzt die Insel Ceylon, sie liefert bei weitem den meisten und zugleich den besten Graphit, unsere Figuren 8 und 9 der Tafel 41 führen uns blättrigen und faserigen Graphit von hier vor.

Verwendung. Der beste Graphit wird zu den sogenannten Bleistiften, anderer zu Schmelztiegel (Passauer Tiegel), Ofenschwärze, Ofenplatten, schwarzen Töpferwaren, Maschinenschmiere, Formen für Gusswaren etc. verwendet.

Künstlicher Graphit wird in einer Fabrik an den Niagarafällen in grosser Menge hergestellt.

Korund.

Zu dem Mineral Korund gehören mehrere, durch ihre Farbe verschiedene Varietäten, die als Edelstein eine grosse Rolle spielen und mit besonderen Namen belegt worden sind, noch ehe man wusste, dass sie die gleiche Zusammensetzung haben. Der rote Korund heisst Rubin, der blaue Saphir, der gelbe orientalischer Topas oder auch gelber Saphir, der violette heisst orientalischer Amethyst oder Violett-Rubin, der trübe und wenig intensiv gefärbte gemeiner Korund, und bei allen Arten bekommen die klaren das Beiwort »edel«, wenn es darauf ankommt, die Durchsichtigkeit zu betonen und sie von weniger wertvollen, ähnlich gefärbten Steinen zu unterscheiden; die dunkeln haben wohl auch das Beiwort »männlich«, die hellen »weiblich«, die wertvolleren das Beiwort »orientalisch« zum Unterschied gegen gleichfarbige, aber weniger wertvolle Steine anderer Mineralien. In diesem Sinne ist orientalischer Rubin ein echter Rubin, Rubin aber schlechthin etwa ein roter Spinell. Orientalischer Amethyst ist violetter Saphir, Amethyst schlechthin die bekannte violette Varietät von Quarz. Wir wollen nun erst die Eigenschaften kennen lernen, die alle Arten von Korund gemeinsam haben, und darauf die einzelnen Varietäten besprechen und ihre wichtigsten Fundorte angeben.

Das Mineral Korund besteht aus Aluminium und Sauerstoff und bildet die nach der Formel Al_2O_3 zusammengesetzte Verbindung, die wir Tonerde (nicht Ton) nennen. Absolut rein ist Korund wohl nie, immer enthält er etwas Eisen als Eisenoxyd (1—2 %), bisweilen Spuren von Chrom beigemischt und wahrscheinlich ist er durch diese Beimengungen gefärbt, denn an sich müsste die Verbindung farblos sein.

Die Kristalle von Korund sind hexagonal-rhomboedrisch. Die einfachste Form ist ein hexagonales Prisma mit Basis (Textfigur 170 und Tafel 42, 2, 16 und 17); wenn ein Rhomboeder dazu tritt, so ist es von den Kanten aus aufgesetzt (*r* in Textfigur 171 und

Tafel 42, 10), das Prisma ist demnach das zweiter Stellung; dazu tritt bisweilen eine Pyramide der zweiten Stellung (Textfigur 172), deren Flächen die Kanten zwischen Basis und Prisma abstumpfen. Die Naumannschen Zeichen dieser Formen sind $\infty P2 \cdot oR \cdot R \cdot \frac{4}{3}P2$. Das Prisma ist bald lang gestreckt, wie in Figur 10 der Tafel 42, bald ist es kurz wie in

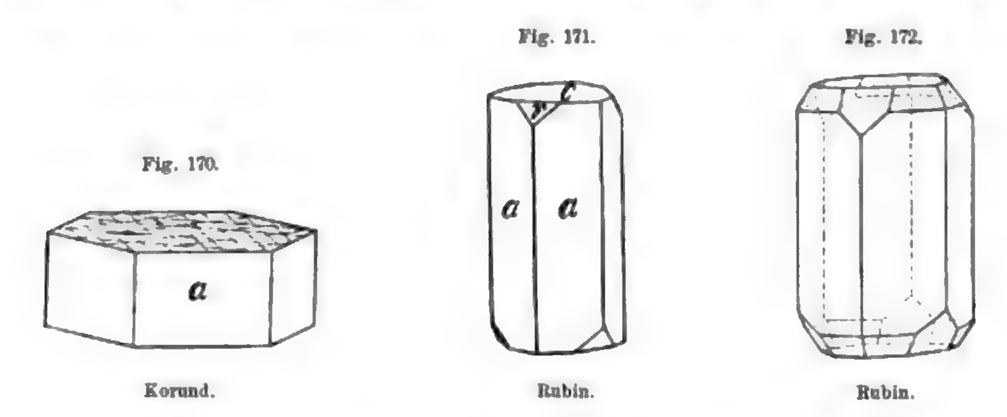


Fig. 170. Korund. Fig. 171. Rubin. Fig. 172. Rubin.

Figur 12 (der Kristall zeigt dieselben Flächen, wie der in Figur 10, nur ist er hier nach vorne geneigt, damit man auch die Basis sieht). An anderen Kristallen herrscht eine Pyramide vor (Figur 11) und mit ihr ist oft nur die Basis kombiniert (Figur 1, 15, 18 der Tafel 42), oder es tritt das Rhomboeder noch dazu (Textfigur 173 und Figur 3 der Tafel). Eine steile Pyramide tritt wie an dem Kristall 11 auch an dem Kristall der Figur 6 auf, sie bekommt das Naumannsche Zeichen $\frac{8}{3}P2$. So ist die Gestalt der Korundkristalle tafelig, prismatisch oder pyramidal, dabei gedrungen und plump, zierliche Wachstumsformen kommen nicht vor. In der Form und chemischen Zusammensetzung gibt sich eine gewisse Verwandtschaft mit Eisenglanz zu erkennen, so dass manche Forscher beide Mineralien für isomorph halten.

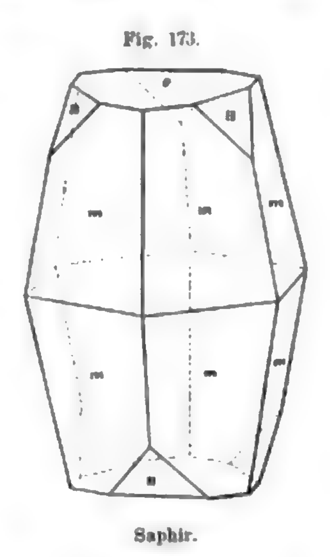


Fig. 173. Saphir.

Einfache Zwillinge sind sehr selten, ein solcher, an dem die Individuen nach einer Fläche des Rhomboeders R verwachsen sind, ist in Figur 7 abgebildet. Dagegen sind recht häufig feine Zwillingslamellen nach den drei Flächen des Rhomboeders R in die Kristalle und in derbe Massen eingelagert, wodurch sie leicht nach den Rhomboederflächen auseinanderbrechen (Figur 21) und auf der Trennungsfläche nach einer Richtung, auf der Basis nach drei Richtungen (Textfigur 170) gestreift sind. Die Rhomboederflächen schneiden sich unter einem Winkel von 86° 4′, die rhomboedrischen Stücke haben daher würfelähnliche Gestalt. Durch diese oft sehr feinen Lamellen wird auf der Basis von trübem Korund ein sechsstrahliger Lichtschein hervorgerufen, der besonders bei mugeligem Schliff sichtbar wird und dem Stein einen eigenartigen Reiz verleiht; er wird Sternsaphir genannt.

Die Lichtbrechung ist recht kräftig, die Doppelbrechung ist schwach, der Brechungsexponent des ordentlichen Strahles ist 1,769, des ausserordentlichen 1,760; auch die Dispersion ist nicht gross, in allen diesen Eigenschaften steht Korund gegen Diamant weit zurück, übertrifft aber an Stärke der Lichtbrechung und darum an Glanz Topas, Beryll und Bergkristall. Bei der Untersuchung mit der dichroskopischen Lupe erweisen sich die gefärbten Steine als dichroitisch, wir wollen bei Rubin und Saphir das einzelne genauer angeben. Für Röntgenstrahlen ist Rubin und Saphir sogar in dicken Exemplaren ziemlich durchlässig.

Digitized by Google

Da das Mineral nur aus dem leichten Aluminium und Sauerstoff besteht, könnte man meinen, es müsse gleichfalls sehr leicht sein, aber das Gegenteil ist der Fall, das spezifische Gewicht ist ungewöhnlich hoch und schwankt zwischen 4,0 und 4,1. Korund gehört zu den schwersten Edelsteinen und wird im spezifischen Gewicht nur von Zirkon und einigen Varietäten des Granat übertroffen.

Auch nach seiner Härte steht Korund in der vordersten Reihe, er folgt gleich auf Diamant. Der Härteunterschied zwischen beiden ist freilich sehr gross, aber es schiebt sich doch kein anderes Mineral dazwischen, nur eine jetzt fabrikmässig dargestellte Verbindung, das sogenannte Carborundum oder Siliciumkarbid, übertrifft an Härte den Korund und wird daher statt seiner zum Schleifen der Edelsteine benutzt. Das weitere über die Eigenschaften von Korund und sein Vorkommen erfahren wir bei den einzelnen Varietäten.

Rubin ist der rote Korund; die Farbe wechselt zwischen zartrosa, karminrot, braunrot und bläulichrot, die Abbildungen 10—16 unserer Tafel geben davon eine gute Vorstellung. Beim Erwärmen bis zur Rotglut ändert der dunkelrote Rubin seine Farbe und wird zuerst schmutzig rot, dann grünlichblau, beim Erkalten wird er wieder gerade so rot und klar wie vorher. Die Aenderung lässt sich in einem Tiegel aus geschmolzenem Bergkristall sehr gut verfolgen, besonders wenn man während der Abkühlung ein Blatt weisses Papier darunter hält. Aus diesem Verhalten kann man schliessen, dass die Färbung durch einen anorganischen Stoff bewirkt wird, da durch organische Substanz bewirkte Färbung durch Glühen dauernd verschwindet. Wahrscheinlich ist eine geringe Menge von nie fehlendem Chromoxyd die färbende Substanz.

An durchsichtigen Steinen bemerkt man manchmal schon mit blossem Auge, dass sie dichroitisch sind, dass die Farbe in der Richtung der Hauptachse intensiver ist, als senkrecht dazu; der Stein erscheint dunkler, wenn ich durch die Basis, heller, wenn ich durch eine Prismenfläche hindurchsehe. Dies berücksichtigen die Edelsteinschleifer und legen den Schliff so an, dass die breite Fläche des Steins der Basis parallel geht. Bei der Prüfung mit der dichroskopischen Lupe muss man durch eine Prismen- oder Pyramidenfläche hindurchsehen, will man die Verschiedenheit der Absorption erkennen, das eine Bild (*e*), welches dem ausserordentlichen Strahl entspricht, ist alsdann hellrot ins Gelbe, das andere (*o*) des ordentlichen Strahls ist dunkelrot ins Violette. Von dem in Figur 11 abgebildeten Kristall ist das Bild des ordentlichen Strahls dunkelviolett, das des ausserordentlichen gelblichrosa, von dem geschliffenen Stein der Figur 13 ist das Bild des ordentlichen Strahls violettrot, das des ausserordentlichen gelbrot. An den geschliffenen Steinen erscheinen bei Durchsicht durch die grosse Tafelfläche beide Bilder der dichroskopischen Lupe meist in gleichem Rot, weil durch diese, sobald sie der Basis parallel geht, der Dichroismus nicht wahrgenommen werden kann. Dafür sind diese Steine zur Untersuchung im konvergenten polarisierten Licht brauchbar, sie dürfen allerdings nicht in einem Ring gefasst sein. Sie geben im Polarisationsapparat das schwarze Kreuz der Figur 1 auf Tafel 4 mit sehr wenigen verschwommenen Ringen; damit das Licht besser hindurchgeht, legt man sie zweckmässig in Oel.

Die Kristalle von Rubin sind in der Regel von dem Prisma der zweiten Stellung, der Basis und dem Rhomboeder begrenzt (Figur 10), wozu bisweilen noch die Pyramide der zweiten Stellung tritt; sehr selten herrscht diese vor (Figur 11 und 15). An dem Kristall der Figur 11 treten ausser der Pyramide $\frac{8}{3}P2$ nur noch kleine Rhomboederflächen auf, die aber in der Abbildung nicht sichtbar sind.

Die meisten, als Edelsteine brauchbaren Rubine kommen aus der Umgegend der Stadt Mogouk und den Sadschijin-Hügeln bei Mandalay in Oberbirma, wo sie mit viel edlem Spinell in weissem Marmor oder in dem bei dessen Verwitterung und Auflösung zurückgebliebenem Lehm und auf Seifen auftreten: sie sind meist nur sehr klein, nicht über

einen Karat schwer, grössere klare, über zehn Karat schwere Steine sind sehr selten und werden teuer bezahlt. Die kräftig rot gefärbten Steine überwiegen hier über die lichtroten, ebenso über den blauen und gelben Saphir. Das Gewicht der grössten hier gefundenen Rubine geht über 1000 Karat hinaus, aber solch grosse Steine sind immer trüb.

Andere Fundorte von Rubin liegen in dem angrenzenden Siam (Tafel 42, 16), in Chantabun, Krat und in einigen nördlichen Distrikten; die meisten schleifwürdigen siamesischen Rubine sind bräunlichrot, darum viel weniger wertvoll, als die von Birma. Seit langer Zeit werden Rubingruben in Badakschan am oberen Oxus ausgebeutet, die Rubine werden von hier hauptsächlich nach Persien gebracht. Auf Ceylon (12) tritt Rubin sehr gegen Saphir zurück. Einige Fundorte in den Vereinigten Staaten sind: Newton im Staate New Jersey (10), in Lowns City, Georgia (15); in Macon City (Jenks Mine) in North Carolina.

Verwendung: Rubin wird am zweckmässigsten als flacher Brillant oder in Treppenschnitt geschliffen und à jour gefasst, der Wert hängt von der Klarheit, Nuance und Grösse ab und übertrifft für einen dunkelkarminroten oder bläulichroten fehlerfreien Stein sehr erheblich den eines gleich schweren Brillanten; ein völlig fehlerfreier Rubin der besten Qualität von 3—5 Karat soll etwa zehnmal so teuer sein als ein gleich schwerer Brillant, für noch schwerere Steine gibt es wegen ihrer Seltenheit überhaupt keinen Marktpreis. Für einen geschliffenen fehlerfreien Rubin von $32\frac{5}{16}$ Karat sind 200 000 Mark, für einen solchen von $38\frac{9}{16}$ Karat gar 400 000 Mark gelöst worden. Im allgemeinen lässt sich der Wert nicht gut angeben, da er sich bei jedem einzelnen Stein nach Farbe, Klarheit und Grösse richtet. Durchschnittlich schwankt der Preis für einen 1 Karat schweren Birma-Rubin zwischen 50 und 150 Mark, geht aber bei guter Farbe darüber hinaus; ein gleich grosser Siamrubin kostet ungefähr nur halb so viel, weil seine bräunlichrote Farbe weniger geschätzt wird. Blasse Rubine sind viel häufiger und billiger als dunkle. Von der Grösse eines 1 Karat schweren Steins gibt Figur 13 eine Vorstellung, der hier abgebildete geschliffene Stein wiegt 0,2 g also 1 Karat, der in Figur 14 abgebildete wiegt 0,355 g. Zur Zeit wird auch trüber Rubin, der in viel grösseren Kristallen vorkommt, geschliffen und in Ketten getragen.

Die Edelsteine, welche mit Rubin verwechselt werden könnten, sind: Almandin und Kaprubin, Spinell und Balasrubin, roter Turmalin und Topas. Die vier ersten sind als reguläre Mineralien einfachbrechend und nicht dichroitisch, die andern erreichen nicht das spezifische Gewicht von Rubin und können hierdurch von ihm unterschieden werden, freilich muss man sie ungefasst untersuchen können, bei der Bestimmung eines gefassten Gesteines muss man sich hauptsächlich auf sein Auge verlassen und Erfahrung haben.

Wegen der Kostbarkeit des Rubins ist seine künstliche Darstellung (die Methode siehe am Schluss) oft und mit Erfolg versucht worden und so weit gediehen, dass der künstliche Rubin dem natürlichen eine gewisse Konkurrenz macht. Die künstlichen Steine können von den echten durch mikroskropische Untersuchung unterschieden werden, da sie feine Gasbläschen enthalten, die den echten fehlen, die echten enthalten dafür oft winzige, nadelförmige Mineraleinschlüsse, die den künstlichen fehlen. Uebrigens soll man es in neuester Zeit so weit gebracht haben, dass die künstlichen Rubine keine Gasbläschen mehr enthalten. Die künstlichen Rubine des Herrn Paquier in Paris stehen den natürlichen in nichts nach, sie sollen durch ihre Färbung diese noch übertreffen, namentlich soll das reine Karminrot, die sogen. Taubenblutfarbe, die bei natürlichen sehr selten und sehr geschätzt ist, häufig bei ihnen anzutreffen sein, die meisten spielen etwas mehr ins Gelbliche, andere zeigen die bläulichrote Farbe von anderen echten Rubinen. Solche künstliche Rubine kommen in dem Handel vor, ob viel oder wenig, ist schwer zu ermitteln; der erste Lieferant wird, wenn er reell ist, sie als künstliche bezeichnen, die Juweliere werden sie oft als echte Steine

verkaufen, ohne zu wissen, dass es Kunstprodukte, freilich mit allen wesentlichen Eigenschaften der echten natürlichen Steine, sind; die echten sind etwa fünfmal so teuer, als die künstlich dargestellten. Gesetzlich ist es nicht gestattet, die künstlichen Rubine als echte zu verkaufen, nachdem das Syndikat der Edelsteinhändler in Paris erklärt hat, dass unter »Rubin« nur die aus natürlichem Rohstoff geschliffenen Steine zu verstehen seien, und dass jeder Juwelier, der einen künstlich hergestellten Stein als echt verkauft, ihn unbedingt zurückzunehmen verpflichtet sei. Ein Grund zur Beunruhigung liegt also nicht vor.

Saphir ist der blaue Korund, es werden aber auch anders gefärbte Steine Saphir genannt. Die Kristalle von Saphir sind in der Regel von vorherrschenden Pyramiden begrenzt; Pyramide und Basis sehen wir an dem blauen Kristall der Figur 1 und dem gelben Kristall der Figur 18, diese Flächen mit Rhomboeder (wie Textfigur 173) an dem Kristall 3, steile Pyramiden an dem Kristall 6, Prisma und Basis an dem Kristall 2, einen Zwilling nach einer Rhomboederfläche in Figur 7.

Die Farbe des rein blauen Saphirs wechselt zwischen hellblau und dunkelblau, die hellsten sind nahezu farblos und derselbe Stein ist meist ungleichmässig gefärbt, in der Regel so, dass hellere milchige Flecken im dunklen Stein oder dunklere Flecken im hellen Stein auftreten, seltener so, dass blaue Schichten mit anders gefärbten regelmässig abwechseln. Ein solcher Kristall mit ausgezeichnetem Schichtenbau ist in Figur 4 der Tafel 42 abgebildet und so gestellt, dass die tafelige Endfläche aufrecht steht. Als Fundort war für ihn auf der zugehörigen Etikette Novotagilsk angegeben, richtig ist aber wohl Miask im Ilmengebirge. Von hier beschreibt schon Kokscharow solche Kristalle: »Auf der geraden Endfläche einiger Kristalle erscheinen konzentrische regelmässige sechsseitige Figuren, die sich durch eine bronzene Färbung auszeichnen. Diese Figuren sind den äusseren sechsseitigen Umrissen der Kristalle parallel und sind durch abwechselnde Ablagerung der Masse des Minerals in Schichten von dunkelblauer und bronzener Färbung hervorgebracht.« Zu den blauen Farbentönen tritt häufig noch Gelb, wie bei den Kristallen in Figur 6 und 7, der Wert als Edelstein ist dann sehr gering. Andere Steine sind dunkel blaugrün gefärbt, einzelne Teile entschiedener blau, andere entschiedener grün, in Figur 8 ist ein geschliffener Stein von dieser Art abgebildet, während Figur 9 einen ausgesprochen blauen Stein uns zeigt. Die blaugrünen sind kräftig dichroitisch, ein dunkel grünlichblauer Stein gibt in der dichroskopischen Lupe ein indigoblaues und ein grünes Bild, die rein blauen Steine sind meist schwächer dichroitisch; von dem in Figur 6 abgebildeten Kristall erscheint das Bild des ordentlichen Strahls rein blau, das des ausserordentlichen hellgrün, andere Kristalle geben ein dunkelblaues und ein hellblaues Bild. Wegen des Dichroismus werden die Steine am besten wieder so geschliffen, dass die grosse Tafelfläche der Richtung ihrer Basis parallel geht, sie zeigen alsdann das tiefste und reinste Blau. Bei Lampenlicht büsst die Farbe viel von ihrer Schönheit ein.

Der Grad der Durchsichtigkeit ist grossen Schwankungen unterworfen, manche Kristalle sind vollkommen durchsichtig; das sind die edlen Saphire, andere nur durchscheinend oder gar undurchsichtig, wie wir an den Figuren 1—9 der Tafel 42 sehen.

Unter Saphir im engeren Sinne versteht man immer einen blauen Stein, bei den anderen Saphiren wird die Farbe dazu angegeben:

Gelber Saphir (Topas-Saphir, orientalischer Topas) ist entschieden gelb in verschiedenen Nuancen, besitzt nur schwachen Dichroismus, hat oft, bei sonstiger Klarheit, kleine wolkige, milchige Flecken, an denen man ihn sofort von jedem anderen gelben Stein unterscheiden kann. Er übertrifft sie alle (mit Ausnahme von Diamant) an lebhaftem Glanz, es ist ein sehr wirkungsvoller, feuriger Stein, der auch bei Lampenlicht nichts verliert.

Amethystsaphir (orientalischer Amethyst) ist violett mit deutlichem Strich ins rötliche. Ein im ganzen seltener Stein, der von Amethyst durch sein viel höheres spezifisches Gewicht und bei intensiver Färbung durch seinen kräftigen Dichroismus mit Sicherheit zu unterscheiden ist. Bei einem dunkel violetten Stein ist das eine Bild (*o*) in der dichroskopischen Lupe blauviolett, das andere gelblich-rosa. Bei Lampenlicht geht seine Farbe mehr ins Rote im Gegensatz zu Amethyst, der unscheinbar grau wird.

Andere Steine nähern sich in ihrer Farbe bald dem Aquamarin, bald dem Chrysolith, dem Smaragd oder Hyazinth und werden von diesen durch das Beiwort orientalisch, das ihren höheren Wert ausdrücken soll, unterschieden, sie sind aber immer selten und spielen weder als Mineralien noch als Edelsteine eine besondere Rolle. Ihr Dichroismus ist sehr schwach.

Wichtiger dagegen ist der Sternsaphir oder Asterie, das sind meist unscheinbar gefärbte, graue, aber auch blaue, rote und violette, oft ganz trübe Steine, die im zurückgeworfenen Licht auf ihrer Endfläche einen sechsstrahligen Stern erkennen lassen; sie werden mugelig, meist mit recht starker Wölbung geschliffen und stehen um so höher im Werte, je schärfer der Stern ist, der durch ihren inneren Bau erzeugt wird. Damit der Stern hervortritt, muss der Stein senkrecht zur Achse geschnitten sein; liegt die Hauptschlifffläche parallel zur Achse, so entsteht ein Lichtschein ähnlich dem des Katzenauges und der Stein wird wohl auch Saphirkatzenauge genannt. Zur Zeit ist Sternsaphir sehr gesucht.

Saphir kommt ursprünglich in Eruptivgesteinen und ihrer Nachbarschaft vor; Figur 5 der Tafel 42 zeigt viele Kristalle eingewachsen in Feldspat eines granitischen Gesteins, kleine Körner finden sich zerstreut in Basalt; der meiste Saphir wird in Ton und Geröllen auf Seifen gefunden.

Die wichtigsten Fundorte liegen in Siam, dann folgen Birma, Indien und Ceylon, Australien und die Vereinigten Staaten von Nordamerika, an den anderen Fundorten kommen fast nur trübe, als Edelstein wenig wertvolle Steine vor. Die am schönsten gefärbten Saphire kommen aus Siam von den Orten Pailin und Battambang, die von Ceylon sind meist hell und fleckig (Figur 6, 7), die aus Australien (Bezirk von Emmaville und Tingha in Neu-England) sind dunkel grünlichblau (Figur 8), ebenso die von El Dorado Bar im Staate Montana der Vereinigten Staaten. Dunkle und reine blaue Steine sind neuerdings am Oberlauf des Judith River und bei Yogo Gulch in Fergus County in Montana gefunden worden. Von den auf unserer Tafel abgebildeten, wenig durchsichtigen, aber zum Teil schön gefärbten Ural-Saphiren stammt der der Figur 1 aus dem Ilmengebirge, der in Figur 2 von Miask, 3 und 5 aus dem Kischtimschen Bezirk, 4 angeblich von Novotagilsk. Wahrscheinlich beziehen sich alle diese verschiedenen, den Originaletiketten entnommenen Angaben auf den gleichen Fundort, das Ilmengebirge, an dessen Fusse Miask und Novotagilsk liegen.

Körner von Saphir kommen in Basalt bei Unkel, Niedermendig und anderen Orten am Rhein vor, trübe Säulen im Granit von Wolfshau in Schlesien, im Dolomit von Campo longo am St. Gotthard (mit trübem Rubin).

Verwendung: Saphir ist schon im Altertum bekannt gewesen und in seltenen Fällen als Gemme geschnitten worden, wozu er sich wegen seiner hohen Härte sehr wenig eignet. Heute wird er hauptsächlich als Ring- und Nadelstein getragen, sein Wert hängt durchaus von der Färbung ab; am höchsten stehen tief kornblumenblaue, vollkommene gleichmässig gefärbte Steine, die bei sammetähnlichem Aussehen doch klar durchsichtig sind; ein 10 Karat schwerer Stein bester Qualität kostet etwa 1000—1500 Mark, bei blasser oder ungleichmässiger Färbung ist der Wert gleich viel geringer (12—15 Mark pro Karat). Steine, in denen blaue Stellen mit gelben und fleckigen abwechseln, werden

so geschliffen, dass der auf die breite Tafel entfallende Teil blau ist. Von oben gesehen, erscheinen sie dann schön blau, von der Seite aber deutlich gelb und es kommt nun darauf an, sie so zu fassen, dass die gelben Stellen innerhalb der Fassung zu liegen kommen. Dasselbe gilt von dem stark dichroitischen australischen Saphir, der zur Zeit sehr viel als Schmuckstein benutzt wird und von dem das Karat etwa 8—10 Mark kostet. Die anders gefärbten Saphire sind im ganzen billiger, der in Figur 19 abgebildete gelbe Saphir kostet 30 Mark bei einem Gewicht von 1,235 g. Von violettem Saphir kostet das Karat etwa 15 Mark, von grauem Sternsaphir 6 Mark und mehr. Von ähnlich aussehenden Edelsteinen ist Saphir in allen seinen Varietäten wieder durch spezifisches Gewicht von 4,1 zu unterscheiden; es wurde an dem geschliffenen Stein der Figur 8, der vielleicht mit Turmalin verwechselt hätte sein können, genau zu 4,1 bestimmt und damit bewiesen, dass es Saphir ist.

Gemeiner Korund ist trüb und unscheinbar gefärbt, grau, gelblich, bläulich (21), rötlich-braun (17) bis dunkelbraun (20) und nahezu schwarz. Die Kristalle sind bald von Prisma und Basis (17) bald von Pyramide und Basis (20) mit oder ohne Rhomboeder begrenzt. Sie kommen in Granit, Gneiss, Serpentin, Marmor, körnigem Dolomit und in andern Gesteinen eingewachsen an allen den bei Rubin und Saphir genannten Fundorten vor; sehr reich an Korund sind die Vereinigten Staaten von Nordamerika, die, wie von so vielen andern Mineralien, auch von Korund die grössten Kristalle geliefert haben; der grösste von allen, ein 312 Pfund schwerer Riesenkristall, ist in der Culsagee-Grube in Nord-Carolina gefunden worden. Derber Korund hat den besonderen, recht überflüssigen Namen Demantspat bekommen.

Ein feinkörniges Gemenge von Saphir mit allerhand Eisenerzen ist der Schmirgel, der besonders in Kleinasien und auf der Insel Naxos gefunden wird, wo er in körnigem Kalk eingelagert oder auf sekundärer Lagerstätte vorkommt.

Mit Schmirgel oder gemeinem Korund zusammen, aber auch unabhängig davon kommt Diaspor vor, ein Mineral, das breitstengelige, gelbliche Aggregate bildet, die nach einer Richtung sehr vollkommene Spaltbarkeit und Perlmutterglanz besitzen und chemisch gebundenes Wasser enthalten, so dass auf ein Molekül Tonerde ein Molekül Wasser kommt: $Al_2O_3 \cdot H_2O$. Ausser an den Fundorten des Schmirgels kommt er besonders bei Kossoibrod im Ural und Chester in Massachusetts vor.

Künstliche Darstellung von Korund. Korund mit allen Eigenschaften des natürlichen, aber unscheinbar grau oder rot, kann heute in beliebiger Menge dargestellt werden. So bildet er sich als Nebenprodukt bei dem Goldschmidtschen Verfahren (Seite 149) und bei der elektrolytischen Darstellung von Aluminium. Klare Kristalle von Rubin, die dem natürlichen Konkurrenz machen können (vergleiche darüber Seite 63), sind auf umständlicherem Wege dargestellt worden. Die besten Resultate erhielt Frémy durch starkes Erhitzen (auf 1500°) eines Gemisches von amorpher Tonerde, Kaliumkarbonat, Fluorcalcium und doppelchromsaurem Kalium in porösen Tiegeln, durch welche Luft und der Wasserdampf der Verbrennungsgase zutreten konnte. Wahrscheinlich bildet sich aus diesem Gemisch durch chemische Umsetzung zuerst Aluminiumfluorid, das durch die Wasserdampf enthaltende Luft zu Aluminiumoxyd umgesezt wird, das als Rubin kristallisiert. Die Kriställchen sind klein, durchsichtig, durch Chrom schön rot gefärbt und sind bereits als Schmuck verwendet worden. Grössere, ebenfalls klare Rubine werden vermutlich nach demselben, aber verbesserten Verfahren von Paquier in Paris dargestellt und in den Handel gebracht.

Verwendung. Die Verwendung, die Korund als Edelstein findet, haben wir bei seinen Varietäten besprochen. Gemahlener und geschlämmter Schmirgel wird als Schleifmittel benutzt, wird aber in der Edelsteinschleiferei immer mehr durch Carborundum verdrängt.

Korund, der als Schmuckstein nicht brauchbar ist, wird als Zapfenlager für Uhren und andere feine Instrumente verwendet. Der nach dem Goldschmidtschen Verfahren dargestellte Korund (Korubin genannt) übertrifft den Smirgel an Härte und Schleiffähigkeit und dient zur Herstellung von hochfeuerfesten Tiegeln, Formen und Steinen.

Anhang.

Das metallische Aluminium, das zuerst Wöhler im Jahre 1827 durch Reduktion aus Chloraluminium mit Kalium dargestellt hat und das man gern als das Metall der Zukunft bezeichnet, wird heute im grossen direkt aus Tonerde gewonnen, aber nicht aus Korund, schon weil dieser zu selten ist, sondern aus Tonerde, die auf umständlichem Wege erst aus einem anderen Mineral, dem Bauxit, dargestellt wird.

Bauxit ist ein unscheinbares, erdiges oder toniges Mineral, das in reinem Zustand aus Tonerde und Wasser besteht und nach der Formel $Al_2O_3 \cdot 2H_2O$ zusammengesetzt ist. Die in der Natur vorkommenden Massen sind aus Gesteinen (im Vogelsberg aus Basalt) durch eine besondere Art der Verwitterung entstanden und daher immer durch Eisenoxyd und Kieselsäure sehr stark verunreinigt und je nach der Menge des Eisens weiss, gelb oder braun, einem kompakten Lehm nicht ganz unähnlich. Er findet sich in grösserer Menge bei Baux unweit Arles und an andern Orten im südlichen Frankreich, in geringer Menge am Fuss des Vogelsberges, die reichsten Lager scheinen sich in Georgia-Alabama in den Vereinigten Staaten zu befinden, wo im Jahre 1899 nahezu 30000 Tonnen Bauxit produziert worden sind. Interessant ist, dass der Laterit, das weit verbreitete Verwitterungsprodukt von Granit, Diorit, Diabas und anderer Gesteine in den Tropen, gleichfalls Bauxitsubstanz enthält.

Der zur Herstellung von Aluminium in Neuhausen vorzugsweise benutzte Bauxit aus Frankreich enthält 60% Tonerde, 20% Eisenoxyd, 3—4% Kieselsäure und 16—17% Wasser. Aus diesem Gemisch wird auf chemischem Wege die Kieselsäure und das Eisen entfernt und eine Tonerde erzielt, die durchschnittlich 99% Al_2O_3 enthält. Hieraus wird das metallische Aluminium in Neuhausen am Rhein und ähnlich am Niagarafall unter Benutzung der Wasserkraft durch Elektrolyse nach folgendem Verfahren abgeschieden:

Ein eiserner Kasten wird mit Kohlenplatten oder noch besser mit Tonerdeblöcken dicht ausgelegt, so dass im Innern Raum bleibt zur Aufnahme des Elektrolyten. Durch den Boden des so vorbereiteten Kastens wird ein starker Metallstab eingeführt, welcher im Innern des Kastens in einer Kupfer- oder Eisenplatte endet. Diese bildet die Kathode. Als Anoden werden starke Kohlenbündel benutzt. Um nun das Verfahren einzuleiten, bringt man in den Apparat eine Mischung von Kryolith mit Tonerde, welche man durch den elektrischen Strom zum Schmelzen bringt. Dies erzielt man dadurch, dass man eine sehr hohe Stromdichte von ungefähr 25000 Ampère auf 1 qm Kathodenfläche wählt. Die Mischung schmilzt äusserst rasch und die elektrolytische Abscheidung des Aluminiums beginnt sofort. Das Aluminium scheidet sich am Boden des Schmelzgefässes metallisch ab und bildet jetzt die Kathode. Von Zeit zu Zeit wird es abgestochen, aber möglichst nicht gänzlich, so dass immer Aluminiummetall als Kathode zurückbleibt. Die Wände des Schmelzgefässes kühlt man vorteilhaft, damit der Kryolith keine lösende Wirkung auf das den Eisenkasten füllende Material ausübt. Von Zeit zu Zeit füllt man als Ersatz Tonerde nach und so geht die Abscheidung von Aluminium ununterbrochen vor sich. Die Kohlenanode verbrennt mit dem Sauerstoff der Tonerde zu Kohlenoxyd und muss natürlich auch von Zeit zu Zeit erneuert werden. Die Temperatur der Schmelze muss

durch genaue Beobachtung der Stromdichte so niedrig wie möglich gehalten werden, natürlich gerade so hoch, dass die Schmelze leicht flüssig bleibt. Während dieses Prozesses treten geringe Zersetzungen des Kryoliths ein, so dass auch von diesem von Zeit zu Zeit nachgefüllt werden muss. Nach diesem Verfahren wird jetzt ausschliesslich das Aluminium des Handels dargestellt.

Aluminium zeichnet sich vor andern Metallen durch sein geringes spezifisches Gewicht von 2,7 aus, lässt sich giessen und, da es sehr dehnbar und nicht hart ist, leicht mechanisch bearbeiten und würde noch mehr Verwendung finden, wenn es gegen Salzlösungen widerstandsfähiger wäre. Es wird zu Gerätschaften und Apparaten verarbeitet, für die ein geringes Gewicht wesentlich oder erwünscht ist (Flaschen für Militär, Boote jeder Art, Fassungen von Fernrohren und photographischen Apparaten), wird als Draht verwendet und in dünne Blättchen geschlagen, die als Blattaluminium zum »Versilbern« von Bilderrahmen und dergleichen benutzt werden.

Da die Darstellung von Aluminium, die Trennung des Metalls von dem mit ihm verbundenen Sauerstoff, eine sehr hohe Temperatur erfordert, wird auch bei seiner Oxydation, bei der sich das Metall wieder mit Sauerstoff verbindet, sehr hohe Temperatur (bis zu 3000° Celsius) erzeugt. Hierauf gründet sich das Goldschmidtsche Verfahren zur Herstellung von metallischem Chrom (Seite 149) und anderen schwer schmelzbaren Metallen. Dasselbe Verfahren gestattet unter anderem Schienen auf der Strecke zu schweissen, stählerne Hartpanzer zu enthärten und es hat den besonderen Vorzug, dass kleine Stellen auf diese hohe Temperatur gebracht werden können, ohne dass andere Stellen desselben Gegenstandes zu sehr in Mitleidenschaft gezogen werden. Daher ist es zum Oeffnen von eisernen Geldschränken geeignet und von Dieben, die mit der Wissenschaft fortgeschritten sind, schon hierzu benutzt worden.

Legierungen von Aluminium mit Kupfer haben wir bei diesem erwähnt, hier sei noch die neuerdings eingeführte Legierung mit metallischem Magnesium »Magnalium« genannt, die in dünnen Platten verwendet wird und vor dem reinen Aluminium gewisse Vorzüge besitzen soll. Eine Legierung von Aluminium und Eisen, Ferroaluminium, wird bei der Verhüttung des Eisens gebraucht, besonders um altes Eisen wieder einzuschmelzen; es vermittelt einen gleichmässig dichten Guss.

Die Produktion von Aluminium betrug im Jahre 1900 im ganzen 7 810 000 kg, hievon entfallen auf

die Vereinigten Staaten von Nordamerika	3 250 000 kg
Schweiz, Baden und Oesterreich	2 500 000 „
Frankreich	1 500 000 „
England	560 000 „

Das Kilogramm Aluminium kostet heute ungefähr 2 Mark, während es vor 50 Jahren 3400 Mark gekostet hat.

Spinell.

In dem Spinell vereinigt sich mit der Tonerde, die in Korund allein enthalten ist, noch Magnesia. Obwohl die Zusammensetzung sehr einfach ist, kann sie doch verschieden gedeutet werden. Man kann annehmen, dass die beiden Oxyde zu einem Doppeloxyd verbunden seien, ähnlich wie zwei Salze zu einem Doppelsalz, die einfachste chemische Formel wäre dann $MgO \cdot Al_2O_3$. Es wird aber auch angenommen, dass ein einfaches Salz vorliege, in dem die Tonerde die Rolle der Säure spiele, ein sogenanntes

Digitized by Google

Aluminat $MgAl_2O_4$; welche von diesen beiden Annahmen richtig sei, ist nicht entschieden, wir halten an der ersten fest und betrachten Spinell als Doppeloxyd.

Spinell ist ein Glied einer grösseren Mineralgruppe, die nach ihm den Namen Spinellgruppe führt und deren Glieder bei gleicher Kristallform eine ähnliche Zusammensetzung besitzen, also isomorph sind. Einzelne zu dieser Gruppe gehörende Mineralien sind annähernd reine Verbindungen, andere enthalten isomorphe Beimischung und nehmen hierdurch eine Zwischenstellung ein. Wir können die wichtigsten Glieder der Gruppe wie folgt ordnen:

Edler Spinell $MgO \cdot Al_2O_3$,
Hercynit $FeO \cdot Al_2O_3$,
Pleonast $(Mg, Fe)O \cdot (Al, Fe)_2O_3$,
Magneteisen $FeO \cdot Fe_2O_3$,
Zinkspinell $ZnO \cdot Al_2O_3$,
Franklinit $(Zn, Fe, Mn)O \cdot (Fe, Mn)_2O_3$,
Chromeisenstein $(Fe, Mg)O \cdot (Cr, Al, Fe)_2O_3$.

Von diesen haben wir Magneteisen, Zinkspinell, Franklinit und Chromeisenstein bereits kennen gelernt, es bleiben nur die drei anderen übrig, von denen Hercynit am wenigsten wichtig ist, namentlich als Edelstein gar keine Rolle spielt, am wichtigsten ist der edle Spinell.

Edler Spinell ist in der Farbe dem Rubin sehr ähnlich, ist wie dieser rot, klar und durchsichtig und trägt oft auch dessen Namen, Balas-Rubin (Tafel 43, 1), wenn er blassrot gefärbt ist, Rubinspinell (Tafel 43, 2), wenn er dunkler rot ist, Rubicell, wenn die Farbe ins Bräunliche oder Gelbliche geht, oft wird er im Handel auch schlechtweg Rubin genannt; ein rötlich violetter Spinell heisst Almandinspinell oder einfach Almandin, bekommt also denselben Namen wie eine Varietät von Granat, weil er ebenso wie diese gefärbt ist. Von den genannten Farben kommen die verschiedensten Nuancen vor, hellrot bis dunkelrubinrot, zartviolett bis dunkelviolett, violettrot und braungelb, dazu die später zu nennenden blauen und blaugrünen Farben, nur ausgesprochen grüner Spinell kommt in schleifwürdigen Stücken kaum vor. Von Rubin unterscheidet sich roter Spinell ausser durch seine chemische Zusammensetzung, die sich nicht so leicht ermitteln lässt, durch seine Kristallform und seine physikalischen Eigenschaften. Er ist regulär und die meisten Kristalle sind einfache Oktaeder (Tafel 43, 1 und 2). an anderen sind die Kanten durch die Fläche des Rhombendodekaeders schmal abgestumpft. Zwillinge nach einer Oktaederfläche (wie in Figur 142 auf Seite 147) sind so häufig, dass solche Zwillinge allgemein Spinellzwillinge genannt werden, auch wenn sie bei anderen Mineralien vorkommen; so nennt man den auf Tafel 29 in Figur 9 abgebildeten Zwilling von Magneteisen auch Spinellzwilling. Sie sind, wie überhaupt die Kristalle von Spinell, meist klein und parallel zur Zwillingsebene tafelig, so dass sie sich zur naturgetreuen Abbildung wenig eignen.

Die Kristallform geht beim Schleifen verloren, zur Unterscheidung von Rubin dienen dann die optischen Eigenschaften. Als reguläres Mineral ist Spinell einfachbrechend, er bleibt daher im Polarisationsapparat im parallelen wie im konvergenten Licht bei gekreuzten Nicols dunkel. Mit der Untersuchung im parallelen Licht allein darf man sich nicht begnügen, da auch Rubin wegen der Lage seiner grössten Schliffläche (vergl. Seite 212) hierin meist dunkel bleiben würde. Die Lichtbrechung ist etwas schwächer als die von Rubin, der Brechungsexponent ist 1,72, der Glanz wegen des immer noch recht starken Brechungsvermögens und der guten Politur, die die Steine wegen ihrer hohen Härte ($H = 8$) annehmen, recht lebhaft. Für Röntgenstrahlen ist Spinell, im Gegensatz zu Rubin, recht undurchlässig. Die rote Farbe des Spinells wird wahrscheinlich durch einen geringen Gehalt an Eisen oder Chrom bewirkt, es sind in ihm 0,7 % Eisenoxydul und 1,1 % Chromoxyd nachgewiesen, im übrigen enthält er 69,01 % Tonerde, 26,21 % Magnesia und bis 2 % Kieselsäure. Beim Erhitzen ändert sich die Farbe, ähnlich

wie die von Rubin, nur wird der Stein bei beginnender Rotglut unansehnlich grau, nicht blaugrün, bei dem Erkalten wird er wieder so schön rot wie vorher.

Das spezifische Gewicht von Spinell ist 3,5—3,6, also noch recht beträchtlich, wenn auch nicht so hoch wie das von Rubin.

Die Grösse der Spinellkristalle ist sehr verschieden, einzelne sind grösser als eine Wallnuss, andere kleiner als ein Stecknadelknopf, dazwischen sind alle möglichen Zwischenglieder vorhanden. Die beiden hier abgebildeten Kristalle gehen schon über das Durchschnittsmass hinaus. Die grösseren Kristalle sind meist Verwachsungen zahlreicher kleinerer, die Flächen sind daher nicht selten von Höhlungen unterbrochen, die Kanten oft gekrümmt, die Ecken niemals scharf, nur die kleinen Kristalle besitzen scharfe Form, wenn gleich auch ihre Kanten leicht etwas gerundet sind.

Der edle Spinell findet sich in ringsum ausgebildeten, oft stark abgerollten Kristallen auf den Edelsteinseifen von Ceylon und Ober-Birma. Die Kristalle aus Ober-Birma sind meist sehr dunkel, während andere von dort ebenso wie die von Ceylon klar und durchsichtig sind (Tafel 43, Figur 1 und 2), von dem lichten Balasrubin an bis zum roten Rubinspinell. Sein Muttergestein ist in beiden Gebieten ein körniger Kalk, und wahrscheinlich hat er sich in diesem durch die Einwirkung eines Eruptivgesteins auf den Kalkstein gebildet, er ist ein echtes Kontaktmineral. In seiner Begleitung tritt oft Rubin auf, und die bei diesem genannten Fundorte könnten hier wieder aufgezählt werden; als eine der wichtigsten Fundorte wäre etwa noch Siam zu nennen.

Zu dem edlen Spinell kann man noch den blauen Spinell rechnen, der manchmal klar durchsichtige, meist freilich trübe und unansehnliche Kristalle bildet. Ziemlich dunkelblaue durchsichtige, gut erbsengrosse Oktaeder und Rhombendodekaeder (Tafel 43, 3) kommen von Ceylon. Die Dodekaederflächen sind wie die von Magneteisen (Figur 141 auf Seite 147) parallel der langen Diagonale kräftig gestreift, die Ecken sind in der Regel durch kleine Oktaederflächen abgestumpft. Die Verwandtschaft zwischen Spinell und Magneteisen kommt in dieser Formengleichheit zum Ausdruck und äussert sich auch darin, dass in dem blauen Spinell bis zu $3^1/_2$ % Eisenoxydul als Vertreter von Magnesia enthalten ist. Blauer Spinell von anderen Fundorten ist trüb, seine Farbe mehr blaugrau, die Form zerfressen. Solche Oktaeder kommen in Kalk eingewachsen (Tafel 43, 5) bei Åker in Schweden vor, grosse zerfressene Würfel mit gekrümmten Flächen (Tafel 43, 6) bei Wakefield in Canada.

Verwendung. Klarer Spinell gehört zu den wertvolleren Edelsteinen. Unter dem roten Spinell steht der Rubinspinell dem Wert nach an der Spitze, für einen fehlerfreien geschliffenen Stein von 1—4 Karat werden etwa 100—400 Mark gezahlt, grosse klare Steine sind selten und gleich viel teurer. Ein ungewöhnlich grosser Rubinspinell von $133^1/_2$ Karat Gewicht hat die Form eines Schiebers und trägt an vier eben geschliffenen Stellen die persischen Namen je eines Kaisers der Grossmoguldynastie. Im Handel geht der rote Spinell, wie schon oben erwähnt, meist als Rubin.

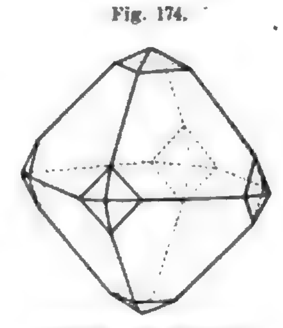
Blauer Spinell wird erst seit wenigen Jahren geschliffen und nur selten im Edelsteinhandel angetroffen; seine Farbe hat einen schwachen Stich ins Grüne und ist leicht etwas düster, selten so freundlich blau, wie die von manchem Saphir, der Glanz sehr kräftig. Am leichtesten kann dieser Spinell mit blauem Turmalin verwechselt werden, er unterscheidet sich von ihm durch sein höheres spezifisches Gewicht, seine einfache Lichtbrechung und das Fehlen von Dichroismus. Von guten dunkelblauen Steinen kostet das Karat etwa 8 Mark.

Grüner Spinell. Wie in dem blauen Spinell ein Teil der Magnesia durch Eisenoxydul, so ist in dem grünen Spinell ein grösserer Teil der Tonerde durch Eisenoxyd (8,7 % Eisenoxyd in dem aus dem Ural) ersetzt, so dass man ihm die Formel

$MgO \cdot (Al, Fe)_2O_3$ geben kann. Daneben enthält er eine geringe Menge (0,17 %) Kupfer, durch das vielleicht seine grüne Färbung erzeugt wird. Er ist grasgrün, heisst darum auch Chlorospinell und findet sich in Chloritschiefer bei Slatoust im Ural. Als Edelstein wird er nicht verwendet.

Schwarzer Spinell, Ceylanit oder Pleonast unterscheidet sich von dem blauen ausser in seiner Farbe hauptsächlich durch den meist grösseren Gehalt an Eisenoxydul und bisweilen in seiner Form. Er ist grünlich- und bräunlichschwarz, zuweilen so intensiv, dass er von Magneteisen kaum zu unterscheiden ist, besonders wenn seine Flächen eben und glänzend sind. Das Oktaeder herrscht immer vor und begrenzt bisweilen allein den Kristall (Tafel 43, 4), oder seine Ecken sind durch je 4 Flächen des Ikositetraeders $3O3$ zugespitzt (Figur 7 und Textfigur 174). Er findet sich als ausgesprochenes Kontaktmineral vorzugsweise in Kalk, der durch Eruptivgesteine umgeändert ist. So kommt er in den Kalkblöcken der Somma am Vesuv, im Fassatal in Südtirol, bei Warwick (Tafel 43, 7 und 8), Amity, Monroe im Staate New York und an anderen Orten vor. Abgerollte Körner finden sich in den Edelsteinseifen bei Kandy auf Ceylon, nach dieser Insel führt er auch den Namen Ceylanit, es ist der eisenreichste schwarze Spinell, sein Gehalt an Eisenoxydul beträgt 20,5 %, daneben enthält er 57,2 % Tonerde, 18,25 % Magnesia und 3,15 % Kieselsäure.

Fig. 174.



Ceylanit oder Pleonast.

Reine, einschlussfreie Kristalle, besonders die Geschiebe von Ceylon, nehmen recht gute Politur an und werden wohl als Trauerschmuck getragen, spielen aber keine besondere Rolle.

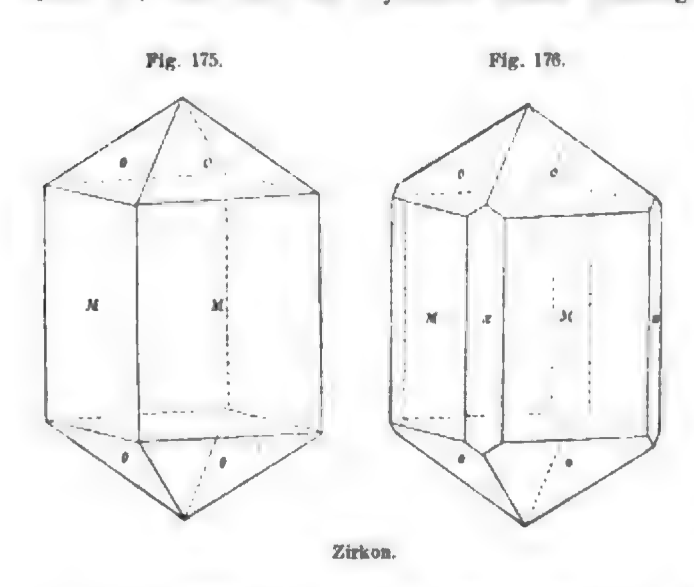
Ein Spinell, in dem Magnesia nahezu vollständig durch Eisenoxydul ersetzt ist, ist der Hercynit, der als Gemengteil in manchem Gabbro vorkommt, aber wenig verbreitet ist. Häufiger ist der Picotit, ein Spinell, der neben Magnesia (10,3 %) viel Eisenoxydul (25 %), neben Tonerde (56 %) beträchtliche Mengen von Chromoxyd (8 %) enthält und als Gemengteil von olivinreichen Gesteinen als Einschluss in Olivin vorkommt. Die runden schwarzen Körner in Figur 6 der Tafel 67 sind Picotit. Durch Zunahme des Chromgehaltes führt dieser zu Chromeisenstein, den wir im Anschluss an Magneteisen auf Seite 148 besprochen haben.

Zirkon.

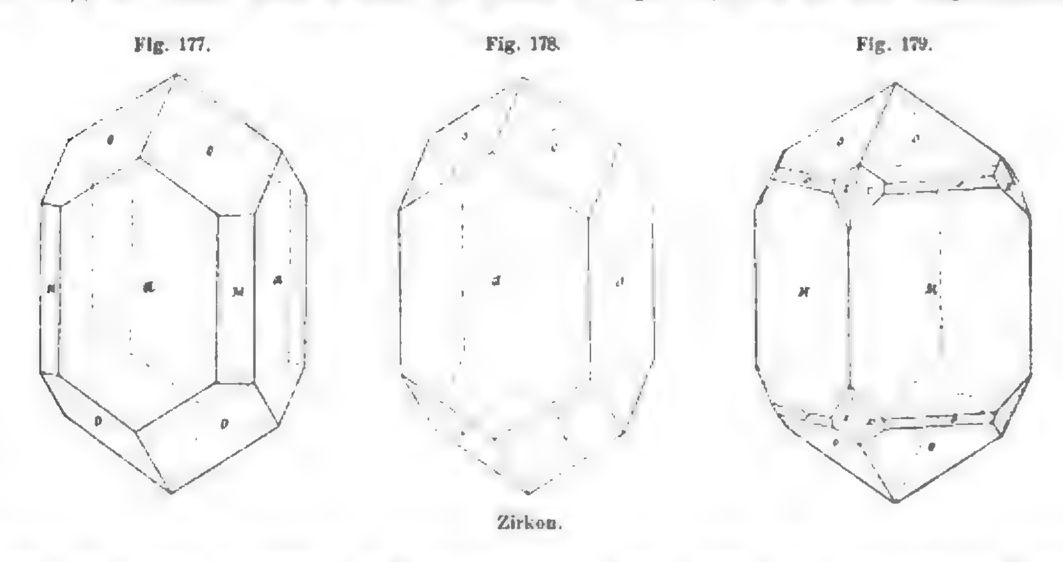
Zirkon ist wie Spinell eins von den Mineralien, die verhältnismässig einfach zusammengesetzt sind, deren Zusammensetzung aber sehr verschieden gedeutet werden kann. Er enthält Zirkonerde und Kieselerde in gleichem Verhältnis und kann daher ähnlich wie Spinell als ein Doppeloxyd aufgefasst werden, seine chemische Formel wäre dann $ZrO_2 \cdot SiO_2$. Manche aber sind der Ansicht, dass die Verbindung ein Salz sei, in dem Zirkonerde die Base, Kieselerde die Säure sei, dass er also ein Silikat der Zirkonerde sei und geben ihm die Formel $ZrSiO_4$. Ein farbloser Zirkon von Ceylon enthält nach der Analyse 66,71 % ZrO_2 und 33,05 % SiO_2; gefärbter Zirkon enthält ausserdem Eisenoxyd, dessen Menge in der Regel zwischen ½ und 3 % schwankt, ausserdem manche Thorium und andere seltene Erden.

Die Kristallform ist ausgezeichnet quadratisch, die Kristalle sind oft ringsum ausgebildet, ihre Flächen sind bald glänzend, bald rauh, runzelig und matt.

Die einfachste Form ist ein quadratisches Prisma mit Pyramide der gleichen Stellung (Figur 175), die Flächen der Pyramide schneiden sich unter einem Winkel von 123° 19′. Sie wird als Pyramide erster Stellung und Grundpyramide *P* angenommen, das Prisma ist dann ebenfalls erster Stellung. Die Kristalle in Figur 10 bis 12 auf Tafel 43 besitzen diese Form. Bisweilen tritt hierzu noch eine steile Pyramide 3 *P* (*s* in Textfigur 179) die in Figur 9 rechts oben und in Figur 14 und 15 zu sehen ist, an den beiden letzteren Kristallen ist sogar die steile Pyramide grösser als die andere. Bisweilen tritt das Prisma zurück oder fehlt ganz und nur Pyramiden umschliessen die Form, in Figur 21 sehen wir einen solchen Kristall. An anderen Kristallen tritt noch das Prisma der zweiten Stellung hinzu (*a* in Textfigur 176) oder herrscht gegenüber dem erster Stellung vor (Textfigur 177). Kristalle in dieser Form sehen wir in Figur 20 und 24; bisweilen fehlt das Prisma der ersten Stellung vollständig (Textfigur 178). Zu den quadratischen Pyramiden tritt bisweilen noch eine achtseitige Pyramide 3*P*3 (*x* in der Textfigur 179), wir sehen einen Kristall mit dieser in Figur 13, auch an dem eingewachsenen



Zirkon.



Zirkon.

Kristall der Figur 24 werden die Kanten zwischen dem Prisma der zweiten und Pyramide der ersten Stellung von den Flächen der achtseitigen Pyramide 3*P*3 abgestumpft, an dem unteren Ende des Kristalls können wir eine solche Fläche deutlich erkennen.

An den seltenen Zwillingskristallen (Figur 22) sind die Individuen mit einer Fläche der Pyramide der zweiten Stellung *P*∞ verwachsen, jeder einzelne in unserem Kristall ist von Prisma und Pyramide erster Stellung begrenzt. In dieser Zwillingsbildung, wie überhaupt in der Formenausbildung, ist eine gewisse Aehnlichkeit mit Rutil nicht zu verkennen; manche Forscher halten Zirkon mit Rutil und Zinnstein für so nahe verwandt, dass sie Isomorphie annehmen.

Digitized by Google

Die meisten Zirkonkristalle sind trüb, rissig und nahezu undurchsichtig. Obwohl sie recht hart sind ($H = 7^1/_2$), zerbröckeln manche leicht und brechen durch, nur die klaren sind fest und dauerhaft, aber in der Regel abgerollt, so dass ihre Form nicht scharf (Tafel 43, 10 und 11) und ihre Oberfläche rauh ist. Die Farbe ist in der Regel gelb, braungelb, braun, braunrot bis rot, die letzteren werden Hyazinth genannt. Es gibt aber auch farblosen, grünen, rosaroten und violetten Zirkon, nur ausgesprochen blauer ist nicht bekannt. Auf unserer Tafel sind einige klare und schön gefärbte geschliffene Steine abgebildet, der in Figur 17 hat ungefähr die Farbe des rohen Kristalls 10, der in Figur 18 ungefähr die des Kristalls 11. Ihre Farbe ist manchmal sehr feurig, besonders bei gewissen braunroten, die Hyazinth-Topas genannt werden, bei anderen ist sie leicht ein wenig düster, so dass man bei einiger Uebung Zirkon schon an seiner Farbe erkennen kann. Auch ist ein Stein nicht immer ganz gleichmässig gefärbt, was man besonders im durchfallenden Licht erkennt. So erscheint z. B. der in Figur 17 abgebildete grosse Stein im auffallenden Licht ganz gleichmässig gefärbt, im durchfallenden aber von feinsten, dicht gedrängten Streifen durchzogen. Die Farben sind nicht immer licht- und feuerbeständig, zart rosa gefärbter Zirkon vom Laacher See wird am Lichte farblos, die gefärbten können durch Glühen entfärbt werden und sind dann leicht mit Diamant zu verwechseln. Es soll auch nicht gleichgültig sein, ob Zirkon bei Zutritt oder Abschluss von Luft erhitzt wird, bei Zutritt von Luft soll er dunkler, bei Abschluss von Luft heller werden. Um braunen Zirkon (von Tasmanien) farblos zu brennen, braucht man ihn nur mit Zunder zu umwickeln und diesen abzubrennen, aus der Asche fällt der farblos gewordene Zirkon heraus; er bleibt aber nicht völlig farblos, wird vielmehr nach einigen Monaten wieder schwach bräunlichgelb. Der Glanz von klarem Zirkon steht hinter dem von Diamant nicht viel zurück, seine Lichtbrechung ist sehr stark, der Brechungsexponent für den ordentlichen Strahl beträgt 1,9239, für den ausserordentlichen 1,9682, gemessen an Zirkon von Ceylon. Wie man sieht, ist auch seine Doppelbrechung recht kräftig. Der Dichroismus ist mit der dichroskopischen Lupe in der Regel deutlich wahrnehmbar, der in Figur 16 und 18 abgebildete Stein gibt ein rosarotes und ein gelbes Bild, der grüne in Figur 19 erscheint gelbgrün und farblos.

Sehr merkwürdig verhält es sich mit dem spezifischen Gewicht von Zirkon, das ist nämlich bei verschiedenen Steinen sehr verschieden; so habe ich es bei dem in Figur 16 abgebildeten Stein zu 4,71, bei dem der Figur 18 zu 4,69, bei dem der Figur 19 aber zu nur 4,22 bestimmt. Das höhere spezifische Gewicht gilt als das normale; es wird auch von den leichteren Kristallen erreicht, wenn sie geglüht werden. Worin dieser auffallende Unterschied beruht, ist noch nicht klar gestellt; man beobachtet ein solches Verhalten wohl bei verschiedenen Modifikationen polymorpher Körper und es ist wohl möglich, dass in dem leichten und schweren Zirkon zwei verschiedene Arten vorliegen, aber ein Beweis dafür ist noch nicht erbracht. Durch sein hohes spezifisches Gewicht steht Zirkon an der Spitze von allen Edelsteinen, das Gewicht seiner leichtesten Varietäten wird nur von Almandin erreicht.

Gegen Reagentien ist Zirkon äusserst widerstandsfähig, die meisten Säuren sind ohne Wirkung, nur von Schwefelsäure wird er ganz allmählich zerstört. Auch die in der Natur wirksamen Lösungen lassen ihn so gut wie unverändert, so dass er fast immer völlig frisch ist und erhalten bleibt, wenn das Gestein bei der Verwitterung zu Gruss und Sand zerfällt. Darum wird er in Flusssand und auf Seifen verhältnismässig häufig angetroffen (Iserwiese, Ceylon), ja es lässt sich fast in jedem Sand Zirkon nachweisen, aber nur in mikroskopisch kleinen Kriställchen und immer ist ihre Zahl gegen die der Sandkörner verschwindend klein. Es wäre da vergebliche Mühe, wollte man die kleinen Kriställchen herauslesen. Wenn man aber den Sand, den man von den Staubteilchen

erst durch Auswaschen reinigen muss, in eine schwere Flüssigkeit einträgt, so fällt der schwere Zirkon mit den anderen Mineralien, die schwerer als die Flüssigkeit sind, nieder, während der Quarzsand schwimmen bleibt und abgehoben werden kann. Als Flüssigkeit benutzt man hierbei zweckmässig zuerst Bromoform, das ein spezifisches Gewicht von 2,8 hat; darnach kann man Zirkon von den ausgefallenen schweren Mineralien noch einmal durch reines Methylenjodid trennen. Zirkon fällt auch darin nieder, andere die mit ihm ausgefallen waren, bleiben jetzt schwimmen und können von ihm getrennt werden. Unter den zurückgebliebenen Körnern erkennt man Zirkon unter dem Mikroskop an seiner Form, die meist die der Figur 13 auf Tafel 43 ist.

Zirkon findet sich in der Natur hauptsächlich eingewachsen in Granit, Syenit, Basalt und verwandten Gesteinen und ist in mikroskopisch kleinen Kristallen in diesen Gesteinen und den daraus hervorgehenden Sanden sehr verbreitet, grosse Kristalle dagegen kommen nur in wenigen Gegenden, hier allerdings oft massenhaft vor. Aufgewachsene Kristalle sind recht selten.

In Deutschland kommt Zirkon in Basaltgesteinen am Rhein vor, in der Mühlsteinlava von Niedermendig (Figur 23), im Basalt von Burgbrohl, Unkel und dem Siebengebirge. Kleine zartrosa gefärbte, am Licht verblassende Zirkonkristalle sind bisweilen in den Lesesteinen des Laacher Sees enthalten. Farbloser Zirkon findet sich aufgewachsen auf Klüften des Chloritschiefers im Pfitschtal in Tirol, ist aber selten. Grosse Kristalle finden sich in der Umgebung von Miask im Ilmengebirge im südlichen Ural, wo sie in dem Feldspat eines syenitischen Gesteins eingewachsen sind. Figur 24 zeigt einen eingewachsenen Kristall von hier, Figur 20 einen herausgelösten. Charakteristisch für sie ist das Vorherrschen des Prismas der zweiten Stellung, ihre braune und braungelbe Farbe, verbunden mit einem gewissen Grad von Durchsichtigkeit, die an den zahlreichen Rissen hellere Farbe bewirkt. Ebenso und in dem gleichen Gestein eingewachsen kommt Zirkon im südlichen Norwegen vor. Wegen des Zirkongehaltes ist das aus Feldspat, Elaeolith, Glimmer und Hornblende bestehende Gestein Zirkonsyenit genannt worden, richtiger wird es wegen des einen wesentlichen Gemengteils Elaeolithsyenit genannt.

Besonders grosse Zirkonkristalle kommen von Renfrew in Canada, wo ein nahezu 6 kg schwerer Kristall gefunden worden ist, ein kleiner von dort ist in Figur 9 abgebildet; die braunschwarzen der Figur 14 und 15 stammen von Mineville bei Port Henry in Canada, auch der Zwilling in Figur 22 stammt aus Canada, St. Jerôme am North River in Terrebonne Co. ist als sein Fundort angegeben.

Sehr reich an Zirkon sind die Vereinigten Staaten von Nordamerika, besonders der Staat Nord-Karolina, wo er in Henderson County aus einem zersetzten Granit tonnenweise zu technischen Zwecken gewonnen wird. Der in Figur 12 abgebildete Kristall zeigt dieses Vorkommen, er stammt aus Buncombe Co. in Nord-Karolina. In Brasilien findet sich Zirkon auf Edelstein- und Goldseifen, der Kristall in Figur 21 ist ein Brasilianer.

Reich an Zirkon ist die Insel Ceylon, wo er sich in den Bezirken von Matura und Saffragan mit vielen anderen Edelsteinen auf den Seifen findet. Von hier kommt der rotgelbe unter dem Namen Hyazinth bekannte Zirkon und viele andere gefärbte Zirkone. Hyazinth bildet meist nur sehr kleine (etwa wie der in Figur 23) abgerollte, zur Abbildung sehr wenig geeignete Kristalle, die anders gefärbten Kristalle sind freilich auch abgerollt, aber doch grösser, in Figur 10, 11 und 13 sind drei abgebildet. Wenn auch äusserlich meist unscheinbar, sind gerade diese Kristalle als Edelstein brauchbar.

In neuerer Zeit kommt Hyazinth aus Tasmanien, er ist dem von Ceylon sehr ähnlich.

Verwendung. Der braungelbe Hyazinth wird seit langer Zeit als Edelstein benutzt, anders gefärbter Zirkon kommt erst seit wenigen Jahren mehr und mehr in

Digitized by Google

den Handel. Sie werden fast ausschliesslich in Ceylon oder Indien geschliffen, das Rohmaterial ist daher schwer zu beschaffen. Hyazinth, besonders der aus Tasmanien, wird durch Glühen entfärbt und heisst dann »Cerkonier« oder »Maturadiamant«, oder einfach farbloser Zirkon, von Diamant lässt er sich durch sein höheres spezifisches Gewicht und doppelte Lichtbrechung unterscheiden, in der starken Lichtbrechung steht er ihm unter allen farblosen Edelsteinen am nächsten. Der farbige Zirkon kann von den anderen in der Farbe ähnlichen Edelsteinen immer durch sein hohes spezifisches Gewicht, oder wenn dies, wie von manchem Granat, annähernd erreicht wird, durch seine Doppelbrechung und seinen Dichroismus unterschieden werden. Die Steine bekommen Brillantform oder gemischten Schnitt, und werden, damit das Feuer zur Geltung kommt und die Farbe recht gesättigt erscheint, im ganzen recht hoch geschliffen; besonders für die in Indien geschliffenen Steine ist diese hohe Form charakteristisch, ihre eigenartige Farbe, ihr hoher Glanz, das oft kräftige Feuer macht sie zu immer mehr beliebten Schmucksteinen. Die dunkelbraunroten, besonders feurigen Steine, werden Hyazinth-Topas genannt, die grünen, rosaroten und gelben scheinen meist als Zirkon auch im Handel bezeichnet zu werden.

Der Preis ist nicht ganz gering, so hat der in Figur 17 abgebildete 8,605 gr schwere Stein in Indien 109 Mark gekostet, dabei ist er im durchfallenden Licht nicht ganz klar, aber ungewöhnlich gross, kleinere Steine sind erheblich billiger, der grüne der Figur 19 hat 10 Mark, der gelblich rosenrot gefärbte, in Figur 18 abgebildete Stein 16 Mark gekostet.

Ausser als Edelstein wird Zirkon wegen seiner Härte zu Zapfenlagern für feine Wagen und zu ähnlichen Zwecken benutzt, in grösseren Mengen wird er technisch verwertet. Die aus ihm dargestellte Zirkonerde hat die Eigenschaft, beim Glühen stark zu leuchten, wird daher zu Lampen benutzt, die wie Projektionslampen besonders helles Licht geben sollen. In neuerer Zeit werden sie durch die elektrischen Bogenlampen, die helleres und ruhigeres Licht geben und bequemer zu handhaben sind, immer mehr verdrängt. Manche Vorkommen enthalten Tonerde, welche den Hauptbestandteil für die Auerschen Glühstrümpfe liefert, und werden darauf verarbeitet, hauptsächlich aber wird der Glühstoff aus Monazit gewonnen, wir werden bei diesem darauf zurückkommen.

Beryll.

Zu dem Mineral Beryll gehören Edelsteine, die in der Zusammensetzung im wesentlichen gleich, in der Farbe verschieden sind und die, weil die Farbe bei den Edelsteinen eine so grosse Rolle spielt, verschiedene Namen bekommen haben: Gemeiner Beryll, Goldberyll, Aquamarin und Smaragd. Für den Juwelier sind dies ihrem Werte nach sehr verschiedene Steine, mancher wird gar nicht ahnen, dass sie ihrem Wesen nach gleich sind; gleich ist bei allen die chemische Zusammensetzung und die Kristallform. Mit der Tonerde, die im Korund allein auftritt, verbindet sich im Beryll die seltene Beryllerde und mit beiden Kieselsäure; Beryll ist ein Beryllium-Tonerde-Silikat und enthält die Bestandteile in dem Verhältnis $Al_2O_3 \cdot 3BeO \cdot 6SiO_2$ oder in Prozenten ausgedrückt 19% Tonerde, 14,1% Beryllerde und 66,9% Kieselerde, meist ist aber etwas Beryllerde durch Bittererde ersetzt. Smaragd enthält ein wenig (0,3%) Chromoxyd.

Die Kristalle von Beryll gehören in die vollflächige Abteilung des hexagonalen Systems und ihre Gestalt ist immer säulenförmig. Die Säulenflächen sind glatt oder vertikal gestreift und bald ist nur eine hexagonale Säule mit der basischen Endfläche vorhanden, wie

Digitized by Google

in Figur 14 der Tafel 44, bald treten zu der einen Säule noch andere hinzu, so dass der Kristall walzenförmig wird, wie der in Figur 11, oder zwischen der Säule und der Basis treten noch kleine Kristallflächen auf, über der Kante der Säule die Pyramide der zweiten Stellung $2P2$, wie in Figur 9 der Tafel 44 oder dazu noch über den Flächen der Säule eine Pyramide erster Stellung P, wie in der Textfigur 180, worin a die Flächen der Säule erster Stellung, r die der Pyramide zweiter, p die der Pyramide erster Stellung und c die Basis ist; manchmal sind auch noch die Kanten zwischen Prisma erster und Pyramide zweiter Stellung durch die Flächen einer zwölfseitigen Pyramide s abgestumpft, wie Textfigur 181 zeigt. Nicht selten sind an den Kristallformen gewisse Unvollkommenheiten zu bemerken, statt scharfer Flächen gerundete Flächenteile, wie an dem oberen Ende der Kristalle in Figur 6 und 12, oder mitten an der Säule, wie in Figur 7, oder die Enden sind wie angefressen drusig, rauh, wie an dem Kristall Figur 8 der Tafel 44, oder die Kristalle sind gerundet, zerfressen und mit Aetzfiguren bedeckt. Es scheint hiernach, als ob in der Erdkruste bisweilen Lösungen auftreten, die den Beryll ganz energisch anzugreifen vermögen.

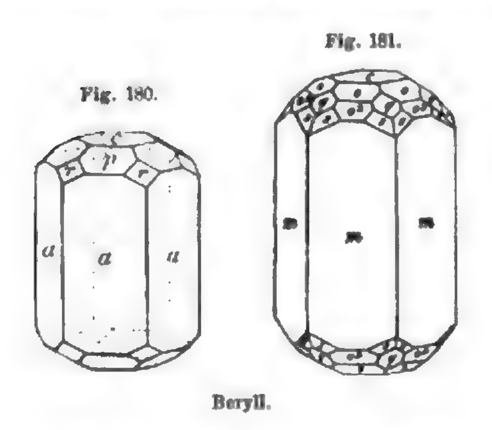


Fig. 180. Fig. 181.

Beryll.

Parallel zur Basis geht eine ziemlich deutliche Spaltbarkeit, so dass die Kristalle in dieser Richtung glatt durchbrechen oder von Rissen parallel zur Spaltfläche durchzogen sind, letzteres zeigt der Kristall in Figur 14 ganz deutlich, indem an den inneren Rissen Luftlamellen erglänzen und den Kristall hier weiss erscheinen lassen. Bisweilen ist die Spaltbarkeit auch recht unvollkommen, die Bruchfläche muschlig. Gekrümmte Spaltungsstücke von Beryll sollen im Altertum wie Augengläser benutzt worden sein, das Wort Brille soll von Beryllos herstammen. Im Innern von klaren Beryllkristallen sieht man oft feine Längsstreifen, die auch im geschliffenen Stein bei richtiger Beleuchtung noch zu sehen sind und die Beryll von ähnlich gefärbtem Topas unterscheiden lassen. Das spezifische Gewicht schwankt zwischen 2,67 und 2,76 und ist für Smaragd durchschnittlich höher als für Aquamarin. Die Härte liegt zwischen der von Quarz und Topas.

Als hexagonales Mineral ist Beryll doppelbrechend, die abgespaltenen Lamellen geben in dem konvergenten polarisierten Licht das auf Tafel 4, 1 abgebildete Bild, und die gefärbten lassen bei der Prüfung mit der dichroskopischen Lupe die beiden Fensterchen verschieden gefärbt erscheinen. Da sie sich zu dieser Prüfung gerade besonders gut eignen, habe ich einige der abgebildeten und andere untersucht und folgendes gefunden (*o* heisst das Bild des ordentlichen, *e* des ausserordentlichen Strahls):

der Smaragd	in Figur	4	erschien	gelbgrün (*o*) und blaugrün (*e*),
„ Aquamarin	„ „	12	„	schwach gelblich grün (*o*) und himmelblau (*e*),
„ blaue Beryll	„ „	10	„	fast farblos (*o*) und himmelblau (*e*),
dunkelgelber Beryll				goldgelb (*o*) und grünlichgelb (*e*).

Die Lichtbrechung und Farbenzerstreuung ist gering, Beryll wirkt als Edelstein weniger durch Feuer und Farbenspiel, als durch seine liebliche, frische Farbe und seine Klarheit. Der Brechungsexponent ist für Natriumlicht an einem blaugrünen Beryll von Nertschinsk zu 1,5719 (*o*) und 1,5674 (*e*) gemessen worden, man sieht hieraus, dass auch die Doppelbrechung gering ist.

Nach ihrer Farbe und Durchsichtigkeit werden die oben genannten Varietäten unterschieden, die wir nach Beschaffenheit und Vorkommen betrachten wollen; den Gold-

Digitized by Google

beryll vereinigen wir hierbei mit Aquamarin, da er mit ihm zusammen vorkommt. Ausser den genannten Farben kommt wohl auch rosa vor, aber selten; als Edelstein dürfte rosafarbiger Beryll kaum verwendet werden.

An der Spitze steht dem Werte nach der Smaragd, ausgezeichnet durch saftig grasgrüne, smaragdgrüne Farbe (Figur 1—4 auf Tafel 44), die höchst wahrscheinlich durch eine geringe bis zu 0,3 % betragende Beimischung von Chromoxyd hervorgebracht wird, eine Substanz, die auch Glasflüssen und der Boraxperle dieselbe grüne Farbe erteilt. Seine Form ist die hexagonale Säule, die bei den in Glimmerschiefer eingewachsenen Kristallen (Figur 3) meist allmählich in diesen verläuft, selten treten scharfe Endflächen hinzu, bei dem kleinen Kristall der Figur 2 die Basis und schmale Pyramidenflächen, bei dem in Figur 4 die Basis. Die durchsichtigen Kristalle erscheinen im Innern leicht etwas wolkig und besonders häufig sind sie rissig, ganz fehlerfreie grössere Steine sind sehr selten. Nicht selten scheinen sie zuerst klar und erst nach einiger Zeit machen sich die Risse bemerkbar, vielfach sind sie nur wenig durchsichtig oder ganz trüb. Alle, auch die klarsten Smaragde enthalten mikroskopische Flüssigkeitseinschlüsse in unregelmässig zackiger, zerfetzter Form, die so konstant auftreten, dass sie geradezu zur Erkennung des echten Smaragds dienen können.

Der Smaragd findet sich in Glimmerschiefer eingewachsen an dem Flüsschen Tokowaja, 85 km östlich von Katharinenburg im Ural, zusammen mit farblosem oder schwach grünlichem Beryll, Alexandrit und Phenakit und ist hier im Jahre 1830 von einem Bauer entdeckt worden; in Figur 3 auf Tafel 44 ist eine sehr gute Stufe von diesem Fundort abgebildet. Die meisten Steine sind von Glimmerblättchen durchzogen, rissig, trüb und ungleichmässig gefärbt, aber auch solche werden zur Zeit geschliffen. Nachdem die Gruben längere Zeit ausser Betrieb gewesen waren, sind sie jetzt von »The new emerald compagny« gepachtet worden und es kommt wieder viel Smaragd und Alexandrit von hier in den Handel. Bei der vorhergegangenen (bis 1882) $2^1/_2$ jährigen Betriebsperiode wurden 360 kg Smaragd und 41 kg Alexandrit gewonnen.

Ganz ähnlich ist das Vorkommen von Smaragd am Smaragdpalfen in dem Habachtal der Salzburger Alpen, von wo das in Figur 1 abgebildete Stück stammt. Die Kristalle sind durchschnittlich etwa 2 cm lang und 5 mm dick, trüb, durch eingeschlossene Glimmerblättchen verunreinigt.

Die schönsten Smaragde werden beim Dorfe Muso im Staate Bojaca in Kolumbien gefunden. Figur 4 zeigt uns einen guten, freilich auch rissigen Kristall von diesem Fundort. Sie kommen hier mit Kalkspat und schwarzem Kalk zusammen auf Spalten in einem Tonschiefer vor und werden durch Bergbau gewonnen. Selten sind sie über 1—2 cm gross, der hier abgebildete Kristall ist gut 3 cm lang. Die Gruben sind schon von den Ureinwohnern des Landes ausgebeutet worden, in deren Besitz die Spanier viele Smaragde fanden.

In Nordamerika sind grosse Smaragdkristalle bei Stony Point, Alexander County, Nord-Carolina gefunden worden, die smaragdgrüne Farbe soll aber nur auf die äussere Schicht beschränkt sein. Auch in Neu-Süd-Wales sind in dem letzten Jahrzehnt Smaragde gefunden worden, die Gewinnung ist aber mit solchen Schwierigkeiten verbunden, dass sie sich nicht lohnt.

Die ältesten Smaragdgruben sind sicher die in Oberägypten in der Nähe des Roten Meeres bei Jebel Zabara, ca. 120 km von Um Rus und 35 km von dem Hafen Shenu Sheik am Roten Meere entfernt. Die Smaragde finden sich hier wie an der Tokowaja in einem dunklen Glimmerschiefer eingewachsen und sollen von der feinsten Qualität sein. Die ausgedehnten Gruben sollen schon im 17. Jahrhundert v. Chr. im Betrieb gewesen sein und haben wahrscheinlich die Smaragde geliefert, die im Altertum als Schmucksteine und Ringsteine getragen wurden.

Aquamarin und Goldberyll bilden die vorher beschriebenen, oft flächenreichen Kristalle, deren Form wir an den Textfiguren 180 und 181 kennen gelernt haben. An den natürlichen Kristallen sind die Prismenflächen bisweilen vertikal gestreift und der Kristall ist hierdurch, wie der der Figur 11 auf Tafel 44, walzenförmig gerundet, oder die Prismenflächen sind glatt und eben, die Kanten scharf, die Endbegrenzung dann deutlich, meist so, dass die Basis vorherrscht und zwischen ihr und den langen Prismenflächen die kleinen Flächen der Pyramiden erster Stellung (Tafel 44, 6), über den Kanten die der zweiten Stellung (Tafel 44, 9) auftreten; seltener sind die zwölfseitigen Pyramiden, häufiger tritt die Basis allein als Endbegrenzung auf (Tafel 44, Figur 14). Die Kristalle sind oft vollkommen durchsichtig und zeichnen sich durch frische, liebliche Farbe aus; sie wechselt bei Aquamarin von farblos, ganz licht gelblichgrün und bläulichgrün bis zu entschiedenem Blau. Die Kristalle der Figuren 5, 12, 14, 9, 8, 10, 11 zeigen etwa in dieser Reihenfolge die genannten Abstufungen. Die Figuren 8 und 9 sollten mehr bläulichgrün sein, die Farbe ist nicht genau getroffen, da die Kristalle vor Fertigstellung der Tafel zurückgefordert wurden. Oder die Farbe geht durch ein lichtes Gelb (7) in dunkles Goldgelb bei dem Goldberyll über; der Abbildung in Figur 6 liegt ein ganz wundervoller Goldberyll zu Grunde, dessen Schönheit niemals im Bild erreicht werden kann. Diese Varietäten finden sich immer auf Hohlräumen in granitischen Gesteinen und sind da vorzugsweise von Quarz und Topas begleitet.

Hauptfundorte sind: Die Umgebung der Dörfer Mursinka und Schaitanka bei Katharinenburg im Ural. Von Mursinka ist der Kristall der Figur 7 und wahrscheinlich auch der der Figur 6. (Nach der Etikette soll dieser aus den Smaragdgruben an der Tokowaja stammen, ich habe aber nicht gefunden, dass solche Kristalle dort vorkommen, das ganze Aussehen spricht mehr für Mursinka.) Von Schaitanka ist der Kristall 5. Zerfressene grosse Aquamarinkristalle kommen von Alapaïfsk im Ural.

Von dem Berg Adun-Tschilon im Gebiete von Nertschinsk in Transbaikalien stammen die Kristalle 8, 9, 11, 14, von dem Gebirge Borschtschowotschnoi bei Nertschinsk der Kristall 7.

Der blaue Kristall 10 stammt von den Mourne Mountains am Slieve Corra in Down, Irland.

Bei S. Piero auf Elba kommt rötlicher, grünlicher und bläulicher Beryll vor.

In Brasilien finden sich schleifwürdige, oft recht grosse Kristalle von Aquamarin in dem Bezirk Minas novas in der Provinz Minas Geraes, und kommen von da seit kurzem in den Handel. Die Kristalle sind meistens ganz schwach gelblichgrün gefärbt, von dem Prisma erster und zweiter Stellung, einer Pyramide erster und zweiter Stellung, einer zwölfseitigen Pyramide und der Basis begrenzt ($\infty P \cdot \infty P2 \cdot P \cdot 2P2 \cdot P2 \cdot 0P$), ursprünglich offenbar scharfkantig, jetzt ein wenig abgerollt und mit Aetzfiguren bedeckt, welche durch ihre wechselnde Form die kristallographische Verschiedenheit der Flächen beider Prismen sehr gut erkennen lassen. Es befinden sich hierunter Kristalle, die nach ihrer Grösse, Klarheit, Flächenreichtum und schöner Ausbildung den Vergleich mit allen andern Vorkommen aushalten, zum Teil geradezu ideal regelmässig ausgebildet sind.

In Nordamerika ist von verschiedenen Fundorten Aquamarin bekannt geworden, so von Stony Point in Alexander Co., Litchfield und anderen Orten in Connecticut, bei Albany in Maine (Goldberyll) und anderen Bezirken.

Der gemeine Beryll, Figur 1 und 2 auf Tafel 45, ist trüb, undurchsichtig, grünlich- oder gelblichweiss oder rein gelb und nur von der hexagonalen Säule und der Basis begrenzt. Er findet sich in oft grossen Kristallen in Quarz eingewachsen am Hühnerkobel bei Rabenstein unfern Zwiesel im Bayrischen Wald (Figur 1 der Tafel 45), bei Metzling (Figur 2) und Pisek in Böhmen. Grosse, bis zu 1500 kg schwere Kristalle sind zu

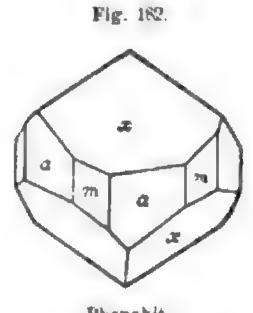
Grafton in New Hampshire gefunden worden. Merkwürdig, dass die meisten Riesen in dem Mineralreich aus dem Lande kommen, in dem auch der Menschen Werke ins Riesenhafte sich ausdehnen.

Verwendung: Die durchsichtigen, aber auch die trüben Steine, wenn sie nur schön gefärbt sind, werden als Edelsteine geschliffen, während der trübe, unscheinbar gefärbte Beryll zur Darstellung der im ganzen wenig gebrauchten Berylliumverbindungen benutzt wird. Unter den als Edelstein verwendeten steht Smaragd obenan, als Ring- oder Nadelstein mit kleinen Brillanten umsäumt ist er zweifellos einer der lieblichsten Schmucksteine und fehlerfreie, grössere Steine werden, ihrer Seltenheit entsprechend, sehr hoch bezahlt. Schon im Altertum ist Smaragd einer der beliebtesten Steine gewesen. Der Ring des Polykrates enthielt nach Herodots glaubwürdigem Zeugnis einen Smaragd zum Siegeln, eine Gravierung auf Smaragd aus der Zeit des Polykrates ist mit Sicherheit nachgewiesen. Alexander soll sein Bild in Smaragd und zwar nur von Pyrgoteles haben schneiden lassen. Von Nero wird berichtet, dass er wegen seiner lichtempfindlichen Augen durch einen Smaragd den Schauspielern im Zirkus zugesehen habe und die Steinschneider ruhten ihre von der feinen Arbeit ermüdeten Augen aus, indem sie diese auf Smaragd richteten, denn des Steines sanftes Grün vertreibt die Mattigkeit des Auges. Smaragd hat vor manchen andern Edelsteinen den Vorzug, dass seine Farbe bei Lampenlicht nicht verliert. Auch Aquamarin und Goldberyll waren im Altertum als *βήρυλλος* wohlbekannt. Am geschätztesten waren nach Plinius die grünlichen Berylle, welche der Farbe des Meeres am nächsten kamen, ihnen zunächst folgten die etwas blasseren Chrysoberylle (Goldberyll), deren Farbe in Gold ausläuft. Die grünlichen und bläulichen Varietäten, die wir heute Aquamarin nennen, waren seit der hellenistischen Zeit, besonders in der augusteischen Epoche für feinere glyptische Arbeiten und für ungravierten Schmuck sehr beliebt. Der auf Tafel 40a abgebildete Scarabäus ist in Beryll geschnitten. Aquamarin und Goldberyll sind ganz erheblich billiger als Smaragd, ihre freundliche zarte Farbe macht sie immer zu beliebten Steinen.

Berylliumhaltige Mineralien.

Phenakit ist das einfachste Berylliumsilikat, seine Zusammensetzung wird durch die Formel Be_2SiO_4 ausgedrückt; der aus dem Ural enthält 44,47 % Beryllerde BeO und 55,14 % Kieselsäure. Die Kristalle sind hexagonal von einer oder von zwei sechsseitigen Säulen begrenzt, das Ende ist manchmal gerundet (Figur 9 auf Tafel 45) oder von Rhomboederflächen begrenzt; dass die Kristalle der rhomboedrisch-tetartoedrischen Abteilung angehören, erkennt man erst bei genauerer Betrachtung. In der Textfigur 182 gehören die Flächen *m* dem hexagonalen Prisma der ersten Stellung, *a* dem der zweiten Stellung an, die Flächen *x* wollen als Rhomboederflächen hierzu nicht recht passen, da sie schief zu allen Prismenflächen liegen; sie bilden in der Tat auch kein solches Rhomboeder, wie es bei Rubin oder Kalkspat auftritt, sondern gehören ihrer Lage nach einer zwölfseitigen Doppelpyramide an, die im Skalenoeder mit der Hälfte der Flächen, hier mit dem vierten Teil der Flächen auftritt; sie bilden wohl die Form eines Rhomboeders, haben aber nicht die Lage eines solchen, es ist ein sogenanntes Rhomboeder der dritten Stellung, an seiner Lage zu den Prismenflächen kann man erkennen, dass Phenakit rhomboedrisch-tetartoedrisch ist.

Fig. 182.



Phenakit.

Digitized by Google

Die Härte liegt zwischen der von Quarz und Topas, das spezifische Gewicht ist 2,96—3,0, die Kristalle sind farblos, gelblichweiss, gelblichbraun oder schwach rosenrot. Der Brechungsexponent für den ordentlichen Strahl ist für Uraler Phenakit zu 1,6527 gefunden worden.

Phenakit findet sich in den Smaragdgruben an der Tokowaja im Ural (Figur 9 der Tafel 45), die Flächen sind zum Teil mit Chlorit bestäubt. Kleine linsenförmige Kristalle finden sich mit Topas und Amazonenstein auf Granitgängen bei Miask im Ilmengebirge. Kurzprismatische Kristalle kommen vom Mount Antero, Chaffe Co., Colorado (Figur 10 der Tafel 45), langprismatische, in Quarz eingewachsen vom Kammerfosflusse 3 km westlich von Kragerö in Norwegen, bis zu 2 cm grosse Kristalle sind zuerst von Beyrich bei Framont in den Vogesen gefunden worden, als Seltenheit findet sich Phenakit bei Reckingen im Wallis in der Schweiz.

Phenakit gibt geschliffen einen recht lebhaft glänzenden Stein, der von Kennern seiner Seltenheit wegen geschätzt und besonders in Russland als Ring- und Nadelstein getragen wird, in Deutschland sieht man ihn selten.

Euklas. Nicht nur die grossen Diamanten, auch ausgezeichnete Kristalle seltener Mineralien haben ihre Geschichte, sie tauchen auf, verschwinden zeitweise, bis sie in eine öffentliche Sammlung gelangen und da dauernd verwahrt werden. Die Geschichte des kleinen Euklaskristalls, den wir auf Tafel 45 in Figur 12 und nach einer schärferen Aufnahme auf Tafel 19 in Figur 15 in natürlicher Grösse abbilden und der dem Königlichen Naturalienkabinett in Stuttgart von Königin Olga geschenkt worden ist, hat Arzruni verfolgt und in einem Brief an Oskar Fraas mitgeteilt, dem ich mit Genehmigung von Herrn Professor Eberhard Fraas das folgende entnehme:

»Ueber diesen Euklas schrieb man mir aus Petersburg, dass er ursprünglich im Besitze des Bergingenieurs Miklaschewski war und von ihm für die Königin Olga von Württemberg angekauft wurde. Ich glaubte daher annehmen zu müssen, dass er nicht zu denjenigen Exemplaren gehört, welche beschrieben worden sind und war daher höchlichst erstaunt, als ich entdeckte, dass es derselbe Euklas ist, den Herr Kokscharow in seinen ‚Materialien‘ als in seiner Sammlung befindlichen ‚No. 1‘ bezeichneten beschreibt.* Nicht nur stimmen sämtliche Flächen und Spaltungsstellen auf dem Kristall mit den Angaben überein, welche sich auf der Tafel finden, sondern auch das absolute Gewicht des Kristalls mit demjenigen, welches Kokscharow angibt (l. c. p. 131 heisst es 0,963 g, während ich 0,9637 fand!). Ich habe den Kristall durchgemessen und zwar nicht weniger als 56 Zonen daran beobachtet. Manche winzige Fläche, die Kokscharow übersehen hatte, da er bei seinen Messungen ein Goniometer mit nur einem Fernrohr verwendete, habe ich auch noch ermitteln können, speziell in der Zone des vertikalen Prismas. Diese Flächen hatte Kokscharow einfach als ‚Streifung‘ angesehen. Jedenfalls war es mir in allen Beziehungen lieb, den Kristall in Händen gehabt zu haben, ich wäre sonst vielleicht gar nicht dazu gekommen zu erfahren, dass Ihr Exemplar das erste ist, welches von der Sanarka bekannt geworden ist. Es stellt sich nun die Zahl der bekannt gewordenen Kristalle des uralischen Euklases gleich 11 heraus: davon sind 6 von Kokscharow, 1 von Kulibin, 1 von Jeremejew beschrieben worden, ein 9ter befindet sich im Berginstitut in Petersburg, endlich 2 sah ich im vorigen Jahre (1886) im Ural bei zwei Goldwäschereibesitzern.«

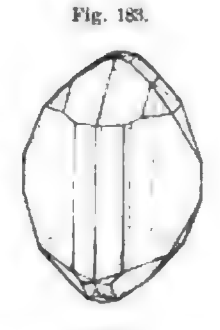
Euklas ist eins der seltensten Mineralien, hat darum als Edelstein nur wenig Bedeutung; für solche Liebhaber, die ihren Namen durch die Anfangsbuchstaben von Edelsteinen ausdrücken wollen, ist er kaum zu ersetzen, es sei denn durch Beryll = Emerald.

* Dass sich dieser Kristall in der Mineraliensammlung zu Stuttgart befindet, erfahren wir von Kokscharow in seinen „Vorlesungen über Mineralogie“ 1865 auf Seite 182. B.

Er enthält dieselben Bestandteile wie Beryll, aber in anderem Verhältnis, und ausserdem die Bestandteile von Wasser: $H_2O \cdot 2BeO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$, oder $H_2Be_2Al_2Si_2O_{10}$.

Seine Kristalle gehören dem monoklinen System an, sie sind säulenförmig mit schief aufgesetzten Endflächen, die schmalen Säulen in der Textfigur 183 werden als das Prisma ∞P, die breiten als $\infty P\grave{2}$ angenommen, über den ersteren liegt oben und unten die Pyramide P, über den andern die Pyramiden $2P\grave{2}$, über der seitlichen Kante liegen vier Klinodomen ($P\grave{\infty}$, $2P\grave{\infty}$, $3P\grave{\infty}$, $6P\grave{\infty}$), dazu kommt noch (unten sichtbar) eine hintere Schiefendfläche und eine andere abgeleitete Pyramide. Parallel zur Längsfläche besitzt Euklas sehr vollkommene Spaltbarkeit, die auch an dem Kristall der Figur 13 hervortritt, indem die Teile über den Spaltrissen durch den lebhaften Reflex fast weiss erscheinen. Seine Härte erreicht die von Topas, das spezifische Gewicht ist 3,10, also recht beträchtlich höher als das von Beryll. Die Kristalle sind durchsichtig farblos, gelblichgrün oder blaugrün, der in Figur 12 ist in dem Bezirk der Flächen am oberen Ende dunkler blau als unten. Die Brechungsexponenten liegen zwischen 1,65 und 1,67. Der blaue Euklas ist kräftig dichroitisch, das eine Bild ist dunkelblau, das andere blaugrün. Die beiden hier abgebildeten Kristalle repräsentieren die beiden Hauptfundorte.

Fig. 183.



Euklas.

Der Kristall der Figur 12 auf Tafel 45 und Figur 15 auf Tafel 19 stammt aus den Bakakinschen Goldseifen im Sanarka-Gebiete im Lande der Orenburgischen Kosaken im südlichen Ural, er ist das Original, nach dem Kokscharow die in unserer Textfigur 183 wiedergegebene Zeichnung entworfen hat, ein kleiner flächenreicher Kristall; tatsächlich sind an ihm, wie Arzruni festgestellt hat, noch viel mehr Flächen vorhanden, als Kokscharow angibt.

Der Kristall der Figur 13 auf Tafel 45 stammt von Boa vista bei Ouro Preto in Brasilien, dem Fundort der dunkelgelben Topase. Hier ist Euklas häufiger als im Ural, aber doch noch ein seltenes Mineral. Der hier und auf Tafel 19, 16 abgebildete Kristall wiegt 30 g und ist begrenzt von den beiden Prismen ∞P und $\infty P\grave{2}$, dem Klinopinakoid $\infty P\grave{\infty}$ als Spaltfläche, den Klinodomen $2P\grave{\infty}$ und $P\grave{\infty}$ und den Pyramiden P und $3P\grave{3}$. In der letzten Zeit sind wundervoll klare und scharfe Kristalle aus Brasilien in den Handel gekommen, ein kleiner guter Kristall kostet immerhin 400 Mark.

Ein dritter Fundort in den Tauern hat nur einzelne, kleine Kristalle geliefert.

Der als Edelstein geschliffene Euklas zeichnet sich durch vollkommene Klarheit, lebhaften Glanz, frische Farbe aus, bedarf aber sorgfältigster Behandlung, da er beim anstossen oder hinfallen leicht zerbricht. Wer griechisch versteht wird durch den Namen an die Zerbrechlichkeit immer erinnert.

Chrysoberyll und **Alexandrit.** Nach seiner chemischen Zusammensetzung ist dieses Mineral mit Spinell verwandt, seine Form ist aber nicht mehr regulär wie die von Spinell. Die Magnesia des Spinells ist durch Beryllerde ersetzt, die Zusammensetzung wird durch die Formel $BeO \cdot Al_2O_3$ ausgedrückt; das Mineral enthält in reinem Zustand 19,72 % Beryllerde mit 80,29 % Tonerde, daneben 3—5 % Eisenoxyd und in den smaragdgrünen Varietäten etwas Chromoxyd.

Die Kristalle gehören dem rhombischen System an, sind in der Regel Zwillinge und ahmen dann bisweilen hexagonale Formen nach. Eine einfache Form zeigt uns die Textfigur 184, die Querfläche (*b*), die Längsfläche (a) und zwei rhombische Pyramiden (*o* und *n*) umschliessen den Kristall; *o* wird als Pyramide P, *n* als $2P\breve{2}$ angenommen. Deutliche, einfache Kristalle sind aber selten, entweder vereinigen sich zwei zu einem herzförmigen Zwilling (Tafel 45, 5) oder mehrere zu einem scheinbar hexagonalen Kristall; als Zwilling ist dieser dann noch zu erkennen, wenn einspringende Winkel vorhanden sind,

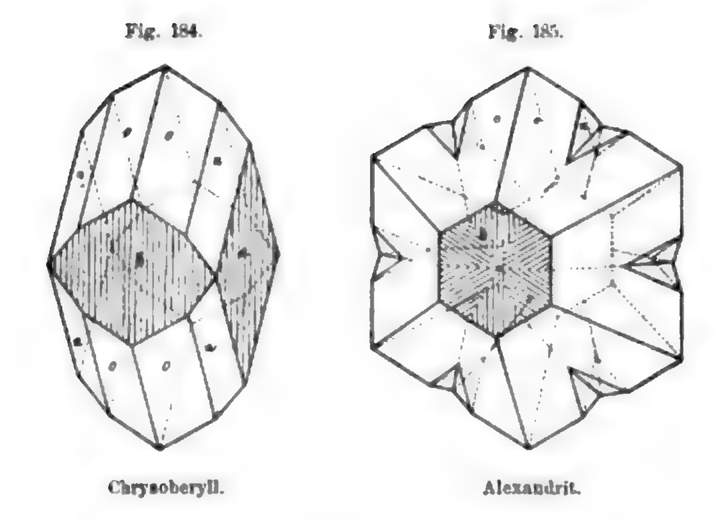


Fig. 184. Chrysoberyll. Fig. 185. Alexandrit.

wie in der Textfigur 185. Die grossen Flächen *o* werden von der rhombischen Pyramide *P* gebildet, an den einspringenden Winkeln liegt die Pyramide *n* $= 2\bar{P}2$, drei solcher Kristalle durchdringen sich und bilden auf der Querfläche eine federförmige Streifung, wobei die Streifen unter 60° aneinander stossen. Man kann diese Verwachsung so erklären, dass je zwei Individuen eine Fläche, welche die oberen seitlichen Kanten der Pyramide *o* abstumpfen würde, gemeinsam haben und mit einer Fläche, die senkrecht dazu liegt, verwachsen sind. In der Textfigur 185 würde z. B. die Randkante rechts oben zu beiden Seiten des einspringenden Winkels, also an beiden aneinander stossenden Individuen durch die Fläche des Brachydomas $\breve{P}\breve{\infty}$ abgestumpft, zusammengewachsen wären die Individuen mit der dazu senkrechten Fläche, deren Verlauf in der Zeichnung punktiert ist. Die Flächen des Brachydomas schneiden sich unter nahezu 120° (119° 46'), darum sieht die Form einer hexagonalen so täuschend ähnlich. In noch höherem Grade ist dies der Fall, wenn die einspringenden Winkel zugewachsen sind, was meist geschehen ist. Auf Tafel 19 in Figur 14 und auf Tafel 45 in den Figuren 7 und 8 sehen wir so ausgebildete Kristalle, scheinbar eine hexagonale Pyramide mit der Basis.

Auch die optischen Eigenschaften bieten manches bemerkenswerte und ungewöhnliche. Die Farbe ist zitronengelb, gelbbraun, spargelgrün oder olivengrün, aber auch smaragdgrün (vergl. Figur 4, 5, 7 und 8 der Tafel 45) und die smaragdgrünen verhalten sich, wenn sie durchsichtig sind, sehr auffallend, sie erscheinen nämlich bei Lampenlicht violettrot wie mancher Amethyst und nur bei Tageslicht grün wie Smaragd, besonders zeigt sich dies, wenn man senkrecht zu der grossen gestreiften Fläche hindurchsieht oder die Steine so geschliffen sind, dass ihre grösste Fläche dieser parallel geht. Diese beiden Farben sind aber die militärischen Hauptfarben des russischen Reichs. Dazu kommt, dass diese Varietät in Russland und an dem Tage gefunden wurde, als das ganze russische Reich die Volljährigkeit des Kaisers Alexander des zweiten feierte; zu Ehren des Kaisers wurde daher das Mineral auf Vorschlag des Mineralogen Nils von Nordenskiöld Alexandrit genannt. Es ist seit dieser Zeit ein in Russland sehr beliebter, freilich sehr teurer Schmuckstein. Der Farbenwechsel erklärt sich aus dem starken Dichroismus des Minerals, der dunkelgrüne gibt in der dichroskopischen Lupe ein tief grünblaues und ein rosarotes bis violettes Bild; mit blossem Auge nimmt man die grüne Farbe besonders in zerstreutem, auffallendem, die rote in grellem, einfallendem Licht wahr. Die meisten Kristalle von Alexandrit sind trüb, rissig und von schwarzem Glimmer durchwachsen, klare Steine sind recht selten. Die spargelgrünen oder gelblichen Steine zeigen oft eine besondere Erscheinung, nämlich einen wogenden bläulichen Lichtschein im reflektierten Licht (Tafel 45, 6), und werden deswegen Cymophan oder orientalisches Katzenauge genannt. Vollkommen klare Steine zeigen dies nicht, sondern nur solche, die trüb und durchscheinend, nicht völlig undurchsichtig sind; wahrscheinlich wird der Lichtschein durch unzählige, mikroskopisch kleine Hohlräume erzeugt, die nach bestimmten Richtungen im Innern angeordnet sind. Der vollständig klare Chrysoberyll hat ziemlich dieselbe Farbe

Digitized by Google

wie der häufigere Olivin — mit dem er übrigens auch eine grosse Formenähnlichkeit besitzt — und wird daher wohl auch orientalischer Chrysolith genannt. Die Lichtbrechung ist recht kräftig, der mittlere Brechungsexponent beträgt 1,748, der Glanz des geschliffenen Minerals ist um so stärker, als es wegen seiner hohen Härte gute Politur annimmt; es steht nach seinem Härtegrad ($H = 8\frac{1}{2}$) an dritter Stelle unter allen Mineralien, nur Korund und Diamant sind härter. Auch das spezifische Gewicht 3,6—3,8 ist recht hoch und wird unter den Edelsteinen nur von dem des Zirkon, Rubin und mancher Granaten übertroffen.

Gegen chemische Reagentien ist Chrysoberyll so widerstandsfähig wie wenig andere Mineralien, von Säuren wird er nicht angegriffen und vor dem Lötrohr ist er unschmelzbar, nur von schmelzenden Alkalien wird er zersetzt.

Chrysoberyll kommt in Granit und kristallinischen Schiefern eingewachsen und, daraus ausgewittert, auf Seifen vor.

Als Chrysoberyll findet sich das Mineral mit Granat und Spinell im Gneis von Marschendorf in Mähren; mit Turmalin, Granat und Apatit im Granit von Greenfield bei Saratoga im Staate New York (Tafel 45, 4) und Haddam in Connecticut, bei Norway und Stoneham im Staate Maine (Tafel 45, 5). In der Provinz Minas Geraës in Brasilien und auf Ceylon in den Edelsteinseifen, in dem Sanarkagebiet im südlichen Ural auf Goldseifen; von Brasilien kommen besonders durchsichtige, olivengrüne Steine, von Ceylon der Cymophan. Der Alexandrit findet sich zusammen mit Smaragd und Phenakit im Glimmerschiefer an der Tokowaja und ist neuerdings auch auf Ceylon gefunden worden, hier sogar in Steinen, die die smaragdgrüne Farbe des Alexandrits mit dem wogenden Lichtschein des Cymophan verbinden, in der Regel aber ist der Alexandrit aus Ceylon olivengrün bis russischgrün und schwächer dichroitisch (grasgrün, gelblichrosa), als der russische.

Verwendung. Die klaren, hell gefärbten Steine werden in der Regel in Brillantform geschnitten, bei Alexandrit wird darauf gesehen, dass der Farbenwechsel bei Tages- und Lampenlicht recht auffällig ist, er wird daher immer à jour gefasst, der Cymophan bekommt mugeligen Schliff, weil hierbei der Lichtschein am deutlichsten ist. Alexandrit als Schmuckstein bekommt man in Deutschland nur selten zu sehen, in Russland wird er mehr getragen, die andern Varietäten werden schon mehr benutzt. Kristalle von Alexandrit werden von den Mineraliensammlern immer gesucht und gut bezahlt, ein so grosser wie der in Figur 7 kostet schon einige hundert Mark.

Helvin. Anhangsweise nennen wir hier ein Mineral, das als Edelstein niemals verwendet wird, aber mit den zuletzt genannten das gemein hat, dass es reich an Beryllerde ist, es ist der Helvin. Der hier abgebildete von Schwarzenberg in Sachsen enthält 12,03 % Beryllerde, 41,76 Manganoxydul, 5,56 Eisenoxydul, 33,26 Kieselsäure und 5,05 % Schwefel; welche Rolle der Schwefel in dieser Verbindung spielt, lässt sich schwer sagen, nur soviel ist wohl sicher, dass er an eins der Metalle gebunden ist, da das Mineral mit Salzsäure Schwefelwasserstoff entwickelt, er hat hierdurch einige Verwandtschaft mit Lasurstein, der Schwefel in ähnlicher Weise gebunden enthält. Seine Zusammensetzung kann durch die Formel $(Mn, Be, Fe)_7 Si_6 O_{12} S$ ausgedrückt werden.

Die Kristalle (Tafel 45, 3) sind reguläre Tetraeder, schwefelgelb oder honiggelb, wenig durchscheinend, immer recht klein, eine Kantenlänge von 4 mm wird selten überschritten. Ihr spezifisches Gewicht ist 3,1—3,3, die Härte über 6.

Die besten Kristalle finden sich auf Erzlagern eingewachsen bei Schwarzenberg in Sachsen, von hier ist auch das abgebildete Stück.

Topas.

Den Namen Topas führen im Edelsteinhandel die mit gelber Farbe durchsichtigen Edelsteine, aber nur die wenigsten gehören zu dem Mineral Topas, die meisten sind Varietäten von Quarz, andere von Korund. Das Mineral Topas enthält die Bestandteile dieser beiden Mineralien, nämlich die Kieselsäure des Quarzes und die Tonerde von Korund in gleichem Verhältnis, ausserdem aber noch Fluor, von dem man annimmt, dass es den Sauerstoff im Silikat vertritt, die einfachste Formel ist $Al_2SiO_5 + Al_2SiF_{10}$. Die Zusammensetzung ist nicht ganz konstant, es sei hier nur die des Topases vom Schneckenstein in Sachsen mitgeteilt; er enthält 33,53 % Kieselsäure, 56,54 % Tonerde, 18,62 % Fluor.

Die Kristalle von Topas gehören dem rhombischen System an, sind immer wenigstens von zwei Vertikalprismen begrenzt und hierdurch kurz- oder langsäulenförmig, an dem oberen Ende treten je nach dem Fundort verschiedene Flächen auf; mit dem andern Ende sind sie meist aufgewachsen, darum hier ohne Kristallflächen. Die Prismenflächen sind meist vertikal gestreift, der Winkel beträgt bei dem einen Prisma $124^1/_4{}^0$, bei dem andern Prisma $86^3/_4{}^0$; an der einfachsten Kombination vereinigt sich mit diesen beiden Prismen eine Pyramide (Figur 9 und 10 auf Tafel 46), bei andern tritt an dem Ende eine grosse Basisfläche auf, dazu Pyramiden und Domenflächen (Figur 1, 2, 6 der Tafel), bei wieder andern fehlt die Basis und es herrschen steile Domenflächen vor (Figur 11), oder steile Domen- und steile Pyramidenflächen (Figur 12).

Die Formen werden uns durch die Textfiguren besser erläutert; an allen tritt das Prisma $\infty P (M)$ und das abgeleitete Prisma $\infty P2\ (l)$ auf, in Figur 186 und 189 sind beide

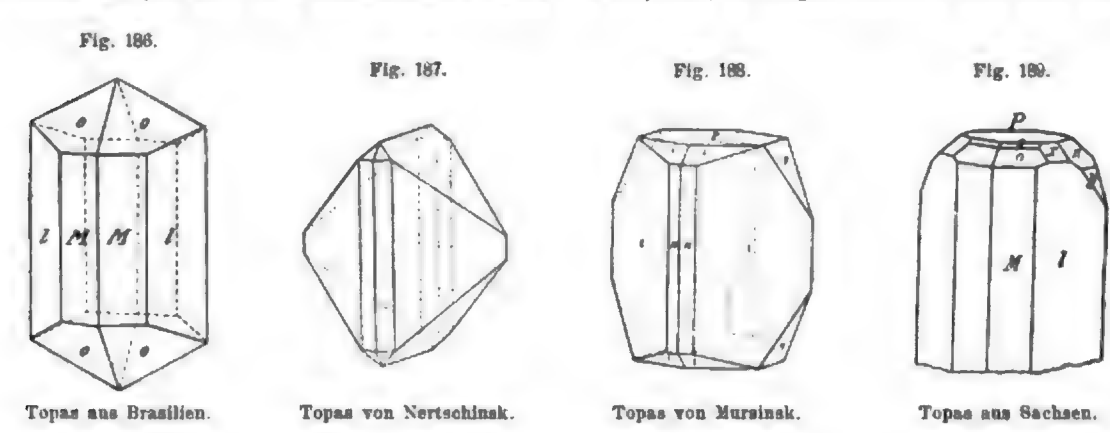


Fig. 186. Topas aus Brasilien. Fig. 187. Topas von Nertschinsk. Fig. 188. Topas von Mursinsk. Fig. 189. Topas aus Sachsen.

ziemlich gleich gross, in den beiden andern Figuren ist das zweite grösser als das erste. Hiermit ist in Figur 186 die rhombische Pyramide $P(o)$ kombiniert, es ist dies die Form von Kristall 9 und 10 unserer Tafel. In Figur 187 ist die Pyramide sehr klein (es ist die stumpfere Pyramide $\frac{1}{2}P$), dazu tritt ein grosses Brachydoma $2\breve{P}\infty$, die Kristalle der Figur 11 auf Tafel 46 haben diese Form, zeigen aber nur das eine Ende, da sie mit dem andern aufgewachsen sind. In Figur 188 tritt die Basis hinzu, die Pyramide ist hier die stumpfere $\frac{1}{3}P$, der Kristall 6 auf Tafel 46 zeigt uns diese Form. In Figur 189 treten über dem ersten Prisma (M) zwei Pyramiden auf $o = P$ und $s = \frac{2}{3}P$, über dem andern Prisma eine Pyramide $x = \frac{4}{3}P2$, über seiner Kante zwei Brachydomen $y = 4\breve{P}\infty$ und $n = 2\breve{P}\infty$ und am Ende die Basis, es ist das Bild für die Kristalle in Figur 1 und 2 unserer Tafel.

In der Färbung zeigt Topas recht grosse Mannigfaltigkeit (siehe Tafel 46), er ist vollkommen farblos, hellgelb, dunkelgelb, braun, rosa, violettrosa, bläulichgrün und blau; mit Durchsichtigkeit verbindet er lebhaften Glasglanz, jedoch ist Lichtbrechung und Farben-

Digitized by Google

zerstreuung nicht besonders stark, der mittlere Brechungsexponent beträgt 1,612 für rotes, 1,616 für gelbes und 1,621 für blaues Licht, immerhin ist die Lichtbrechung höher als die von Bergkristall und Beryll. Die Farbe ist oft nicht licht- und feuerbeständig, manche verblassen am Tageslicht, der gelbe Brasilianer Topas (Figur 10) wird durch mässiges Erhitzen zart rosarot, nicht so dunkel wie der in Figur 9 abgebildete Kristall, ich würde dessen Farbe für ursprünglich halten. Bei einer Erwärmung bis auf 300 Grad bleibt die gelbe Farbe unverändert.

Der Dichroismus ist deutlich, wenn auch nicht immer stark. Durch einen farblosen, abgerollten Topas erscheinen die beiden Fensterchen der dichroskopischen Lupe hellgrün und rosa, so zart, dass sie nur durch den Kontrast als nicht farblos zu erkennen waren. Der hellgelbe sächsische Topas gibt ein farbloses und ein hell graugelbes Bild, der dunkelgelbe Brasilianer erscheint hellgelb und farblos in einem $^1/_2$ cm dicken Kristall, dunkelweingelb und hellgelb bei einer Dicke von 2 cm; ursprünglich gelber aber durch Glühen rosagefärbter Brasilianer Topas gab ein schwach violettrotes und ein schwach gelblichrotes Bild, wenn man, wie auch bei den anderen, senkrecht zu den Prismenflächen hindurchsah, aber ein entschieden rosenrotes und gelbes Bild, wenn man senkrecht zur Basis und in einer dickeren Schicht hindurchsah. Von Natur roter Brasilianer Topas, den ich untersuchen konnte, ist stärker dichroitisch als der gebrannte, das eine Bild ist gelb, das andere violett. Der Rosatopas von der Sanarka gibt ein rötlich-violettes und ein rosarotes Bild. Da Topas rhombisch ist, besitzt er nach den Richtungen der drei Achsen verschiedene Absorption, an genügend durchsichtigen und tief gefärbten Kristallen kann man sich davon leicht überzeugen. Ein gelbroter, ungeglühter Topas aus Brasilien gibt in der dichroskopischen Lupe die folgenden Farben:

in der Richtung der langen Achse *b*: dunkelgelb und rosaviolett
in der Richtung der kurzen Achse *a*: rosaviolett und rot
in der Richtung der Vertikalachse *c*: rot und dunkelgelb.

Parallel zur Basis geht eine recht vollkommene Spaltbarkeit, so dass die von ihrer Unterlage abgebrochenen Kristalle immer eine glatte Bruchfläche besitzen, die Kristalle in Figur 1, 2, 8a und b, 9 und 10 sind von solchen Bruchflächen begrenzt, der in Figur 12 ist in der Mitte parallel zur Spaltfläche gesprungen. Abgesprengte Spaltungsblättchen geben im konvergenten polarisierten Licht ein Interferenzbild wie auf Tafel 4 in Figur 3 und 4 abgebildet ist.

Die Härte von Topas liegt zwischen der von Quarz und Korund, er ist das achte Glied der Härteskala, sein spez. Gewicht ist 3,56, genau gleich dem von Diamant.

Gegen Säuren ist Topas sehr widerstandsfähig, auch in der Natur erhält er sich frisch und zeigt kaum jemals Spuren von Verwitterung. In manchen Kristallen hat man Einschlüsse von flüssiger Kohlensäure beobachtet. Beim Erwärmen werden diese Kristalle gesprengt dadurch, dass die Flüssigkeitseinschlüsse sich ausdehnen.

Ausser in Kristallen findet sich Topas auch in stengelig-strahligen Massen, die als Pyknit, und in dichten Massen, die als Pyrophysalith bezeichnet werden, die Kristalle sind aber viel häufiger als diese Aggregate.

Kristalle von Topas treten entweder in granitischen Gesteinen auf und sind da häufig Begleiter von Zinnstein, oder sie treten in Hohlräumen von jungvulkanischen Gesteinen (Rhyolith) auf (Figur 12, Tafel 46) und sind in beiden Fällen aus heissen Lösungen und Dämpfen abgeschieden, die nach der Eruption dieser Gesteine aus dem Erdinnern hervorgebrochen sind. Aus dem Gestein ausgewittert, finden sie sich hier und da auf Seifen.

Die wichtigsten Fundorte sind: Schneckenstein bei Auerbach in Sachsen (Figur 1 bis 3 auf Tafel 46). Die Kristalle sind weingelb und haben die durch die Textfigur 189

veranschaulichte Form. Sie sind mit Quarz auf einer Breccie aufgewachsen (Figur 3), deren Bruchstücke aus Turmalinfels bestehen und durch Quarz und Topas zu einem festen Gestein, dem Topasfels, verkittet sind; zwischen den aufgewachsenen Kristallen liegt weisses bis ockergelbes Steinmark (rechts in Figur 3). Wasserhelle und weisse Topase finden sich auf den Zinnsteinlagerstätten von Ehrenfriedersdorf und Altenberg in Sachsen, Zinnwald und Schlaggenwald in Böhmen.

In Russland findet sich Topas zum Teil an denselben Orten wie Beryll, auf Hohlräumen in Granit, bisweilen in ausgezeichnet grossen und klaren Kristallen, so am Makrushiberg bei Alabaschka unweit von Mursinsk im Bezirk von Katharinenburg im Ural, die in Figur 5, 6 und 7 abgebildeten sind von hier, in der Regel sind sie bläulich, selten, wie der in Figur 5, farblos, von grosser Basis und grossen Brachydomenflächen begrenzt (Figur 6), dazu treten Pyramiden. Sie kommen hier vereint mit schönen Feldspatkristallen (Figur 7), rötlichweissem Lithionglimmer, Albit und Rauchtopas (Figur 5) vor. Auf der Ostseite des Ilmensees in der Umgegend der Hütte Miask im Ilmengebirge finden sich farblose, vollständig ausgebildete kleine Kristalle mit grünem Feldspat, Phenakit und schwarzem Glimmer. In den Bakakinschen Goldseifen der Sanárka, Gouvernement Orenburg, kommt rosenroter bis violblauer Topas (Figur 8) vor, der mit dem Brasilianer in der Form übereinstimmt, am Ende von der Pyramide begrenzt ist, und in manchen Kristallen ihm auch in der Farbe gleicht. Anstehend findet sich der Rosatopas hier in Quarzgängen mit Chromturmalin und einem grünen, Fuchsit genannten Glimmer. Während an den genannten Fundorten die Topase einzeln aufgewachsen vorkommen, sind sie am Gebirge Adun-Tschilon bei Nertschinsk in Transbaikalien zu Drusen vereinigt (Figur 11), haben weisse Farbe und sind von Rauchtopas und Beryll begleitet; ihre Form ist am Ende durch das grosse Brachydoma $2\breve{P}\infty$ ohne die Basis begrenzt. Die Topase aus dem Gebiet des Flusses Urulga bei Nertschinsk haben bläuliche oder gelbe Farbe, ähnliche Form, sind an dem oberen Ende oft wie zerfressen (Figur 4), zeichnen sich aber im allgemeinen durch ihre ausserordentliche Schönheit, angenehme Farbe, Durchsichtigkeit und bedeutende Grösse aus; es sind von hier bis 28 cm lange und 16 cm dicke Kristalle bekannt geworden. Die Fundorte liegen in dem Gebirgszug von Borschtschowotschnoi und Kuchuserken, lassen sich aber nicht gut auseinanderhalten. Die Ursache dieser Verwechslungen liegen, wie Kokscharow ausführt, in der grossen Aehnlichkeit der Kristalle und in dem weiten Wege, den dieselben machen müssen, um endlich in die Hände eines Liebhabers zu gelangen. Alle die Fundorte der sogen. bunten Steine, wie Topas, Beryll u. a. werden in den verschiedenen Gebirgszügen des Nertschinsker Gebiets von den dortigen Bauern ausgebeutet, die sie nach der Stadt Nertschinsk zum Verkauf bringen. Gewöhnlich halten sich in diesen Orten schon Aufkäufer auf, besonders solche Leute, die sich mit dem Schleifen der Steine beschäftigen, doch richten dieselben ihre Aufmerksamkeit mehr auf die Durchsichtigkeit, Vollkommenheit der Kristallisation und auf die andern Eigenheiten, als auf den Fundort derselben. Die auf diese Art erlangten Kristalle werden später schon zu ziemlich hohen Preisen an Ort und Stelle verkauft, oder man versendet sie nach Irkutsk, Katharinenburg und selbst nach Nischnii-Nowgorod auf die Messe, von wo aus sie sich alsdann, nachdem sie durch viele Hände gegangen sind, im Innern Russlands und überhaupt in ganz Europa verbreiten. Wenn also ein Topaskristall aus diesen letzteren Orten in die Sammlung eines Mineralogen gelangt, so wird sein Fundort schon sehr zweifelhaft, das gleiche gilt für Beryll und andere Mineralien aus dieser entlegenen Gegend.

In Brasilien wird hellgelber, dunkelgelber und roter Topas (Figur 9, 10) in der Umgebung von Ouro Preto in der Provinz Minas Geraës gefunden und kommt dort mit Quarz, Rutil und Eisenglanz nesterweis in einem völlig zu Ton zersetzten Gestein vor, bisweilen findet man ihn noch in Quarz eingewachsen. Der farblose und blaue Topas

wird in Brasilien nur auf Seifen gefunden, zusammen mit Diamant, Beryll, Chrysoberyll, Bergkristall, Andalusit und andern Mineralien in dem Bezirk von Minas novas. Der farblose Topas von hier wird auch pingos d'agoa, Wassertropfen, genannt. Dem gelben Brasilianer in Form und Farbe sehr ähnlich ist der Topas, der bei Mughla in Kleinasien vorkommt; die Kristalle von hier erreichen zum Teil eine sehr beträchtliche Grösse.

In Mexiko finden sich schöne, wasserhelle Topaskristalle in den Zinnbergwerken von San Luis Potosi und Durango, in den Vereinigten Staaten kommen weissgelbe bis braungelbe Kristalle in Hohlräumen eines Porphyrgesteins (Rhyolith) bei Nathrop in Colorado (Figur 12) vor. Der von uns abgebildete ist an beiden Enden ausgebildet und an dem Ende von einer steilen Pyramide und Brachydoma begrenzt. Farblose oder blassblaue bis grüne Kristalle kommen bei Stoneham in Maine vor, hier auch undurchsichtige 10—20 kg schwere Kristalle. Wasserhelle, recht grosse Kristalle kommen von Otani-yama in Japan, schleifwürdiger, farbloser und hellblauer Topas, vorherrschend von Prismen und Basis begrenzt, kommt neuerdings aus Australien (New England?). Wir sehen, Topas kommt schon recht häufig und in schönen Kristallen vor.

Verwendung. Der Topas, welcher als Edelstein eine Rolle spielt, kommt fast ausschliesslich aus Russland, Brasilien und Australien, oft schon in Stücke zerschlagen und mit Beryll untermischt.

Der farblose Topas wird Edeltopas (auch Wassertropfen, pingos d'agoa) genannt, als Brillant geschliffen und à jour gefasst. Vor etwa drei Jahren waren sehr viele vollkommen wasserhelle Steine im Handel, jetzt sind sie wieder seltener geworden. Obwohl er sehr schönen Glanz besitzt und wundervoll klar ist, ist er doch im Vergleich zu einem Diamanten tot. Durch das spezifische Gewicht kann man ihn nicht von Diamant unterscheiden, wohl aber durch seine Doppelbrechung oder durch seine Brechungsexponenten, die sich auf einem besonderen Instrument, dem Kristallrefraktometer leicht bestimmen lassen. Ein Stein von 2 Karat kostet etwa 15 Mark. Gelber Topas wird nicht mehr viel geschliffen, die meisten gelben Steine, welche als Topas verkauft werden, gehören zu Quarz (Goldtopas, spanischer Topas); der gelbe Topas wird weniger gut bezahlt als der rosenrote und darum wird er durch Glühen in diesen, den Rosatopas, umgewandelt. Der Stein ist sehr zart rosa, manchem Turmalin ähnlich, er kann von ihm durch den Grad und die Art des Dichroismus, besser noch durch das spezifische Gewicht unterschieden werden, in reinem Methylenjodid sinkt Topas unter, Turmalin schwimmt. In neuerer Zeit findet man Rosatopas wieder häufiger im Handel. Der violettrote aus dem Sanarkagebiet ist viel zu selten, als dass er im Edelsteinhandel eine Rolle spielen könnte. Der blaugrüne und blaue Topas wird im Edelsteinhandel fast immer Beryll und Aquamarin genannt und es ist nicht leicht, ihn nach dem Aussehen von diesem zu unterscheiden. Sehr leicht geht dies nach dem spezifischen Gewicht, Beryll schwimmt auf Methylenjodid und auf Bromoform, Topas sinkt unter. Der Mineraloge muss Kristalle von Beryll in der Regel teurer bezahlen als solche von Topas, im Edelsteinhandel verschwindet der Unterschied mehr; wenn beide gleich schön gefärbt und klar sind, haben sie ungefähr den gleichen Preis.

Granat.

Granat ist der Name für eine Gruppe von Mineralien, die in der Formenausbildung gleich, in der chemischen Zusammensetzung verschieden sind, derart, dass sie alle wohl ähnlich, aber doch nicht gleich zusammengesetzt sind; die Glieder der Gruppe bilden eine isomorphe Reihe und das eine ist mit dem andern mehr oder weniger stark gemischt. Viele Granaten enthalten Kalk und daneben ausser Kieselsäure bald Tonerde, Eisenoxyd

oder seltener Chromoxyd; andere Granaten enthalten Tonerde und daneben Eisenoxydul, Magnesia oder seltener Mangan. Man kann sie somit in zwei Hauptgruppen trennen: die Kalkgranaten und die Tongranaten, der Kalktongranat würde beiden angehören:

Kalktongranat . .	$Ca_3Al_2Si_3O_{12}$	Eisentongranat . .	$Fe_3Al_2Si_3O_{12}$
Kalkeisengranat .	$Ca_3Fe_2Si_3O_{12}$	Magnesiatongranat	$Mg_3Al_2Si_3O_{12}$
Kalkchromgranat	$Ca_3Cr_2Si_3O_{12}$	Mangantongranat .	$Mn_3Al_2Si_3O_{12}$

Ueber die Zusammensetzung einiger Hauptarten gibt die folgende Tabelle Auskunft, wir haben darin nur Mangangranat nicht aufgeführt, weil er selten ist und wenig Bedeutung hat, er wird auch später nicht weiter erwähnt:

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	Cr_2O_3	FeO	CaO	MgO	MnO
1. Almandin, Zillertal	39,12	21,08	6,00	—	27,28	5,76	—	0,80
2. Kaneelstein, Alatal	38,12	18,35	7,17	—	—	35,40	0,02	0,13
3. Pyrop, Krems	40,45	19,67	4,05	2,60	6,90	5,78	20,79	—
4. Demantoid, Syssersk . . .	35,56	0,57	30,80	—	0,64	33,05	0,16	—
5. Uwarowit, Bissersk	36,93	5,68	1,96	21,84	—	31,63	1,54	—

Von diesen sind 2, 4 und 5 Kalkgranat, und zwar ist 2 Kalktongranat, 4 Kalkeisengranat, 5 Kalkchromgranat, 1 ist Eisentongranat, 3 Magnesiatongranat, keiner ist rein, sondern enthält Bestandteile eines andern beigemischt.

Wir wollen nun zunächst die Eigenschaften, welche alle Granaten gemein haben, besprechen, darauf die einzelnen beschreiben.

Alle Granaten sind regulär und von den einfachsten Formen dieses Systems ist das Rhombendodekaeder so häufig, dass es auch Granatoeder genannt wird. An den Kristallen unserer Tafel sehen wir es in Figur 1, 5, 7, 8, 11 und 15; seltener ist das Ikositetraeder $2O2$, wir sehen es in Figur 6 und 12 der Tafel; die Kombination dieser beiden Formen, durch die Textfigur 190 erläutert, zeigt uns der schöne Kristall der Figur 13 und, weniger deutlich, der in Figur 9. Hierzu tritt bisweilen noch der Achtundvierzigflächner $3O\frac{3}{2}$, dessen Flächen zwischen denen des Dodekaeders und Ikositetraeders liegen und die Kanten zwischen beiden abstumpfen, die Textfigur 191 zeigt uns diese Kombination, die im ganzen von 84 Flächen begrenzt ist. Andere Formen als diese sind an Granat selten, Zwillinge kommen nicht vor.

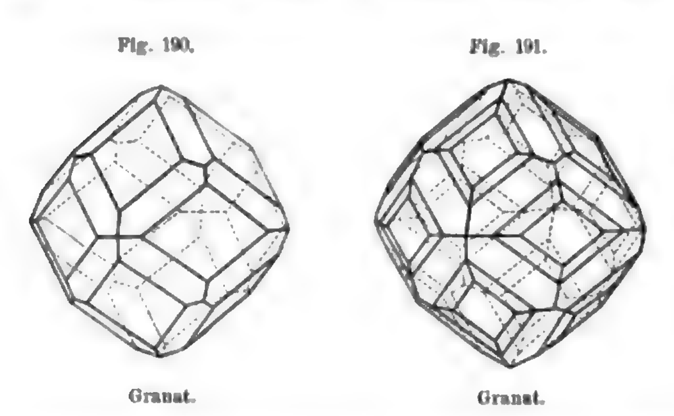


Fig. 190. Granat. Fig. 191. Granat.

Die Härte von Granat ist ungefähr gleich der von Quarz, Spaltbarkeit ist kaum wahrzunehmen, die Kristalle sind oft von unregelmässigen Rissen durchsetzt. Das spezifische Gewicht schwankt mit der chemischen Zusammensetzung in weiten Grenzen und liegt zwischen 3,4—4,3, es ist so hoch, dass jeder Granat in reinem Methylenjodid untersinkt.

Digitized by Google

Die Farbenreihe von Granat ist, wie auch ein Blick auf die Tafel zeigt, recht mannigfaltig, nur blauer Granat kommt nicht vor, selten ist weisser oder gar farbloser Granat, bisweilen ist ein Kristall aus vielen heller und dunkler gefärbten Schichten aufgebaut, was man freilich nur selten sehen kann, weil die äusseren Schichten die andern umhüllen und verdecken. Bei dem in Figur 3 der Tafel 47 abgebildeten Kristall sehen wir den inneren Schichtenbau auf der Bruchfläche, bei andern ist er im Dünnschliff wahrzunehmen, besonders bei Melanit.

Als reguläres Mineral ist Granat nicht dichroitisch; gegen alle Regel ist er manchmal doppelbrechend, aber nie so stark, dass man ihn deswegen mit einem andern Mineral verwechseln könnte. Die Lichtbrechung ist bei allen Granaten recht stark, der Brechungsexponent schwankt zwischen 1,74 und 1,82, die Farbenzerstreuung ist gleichfalls stark, fällt aber wegen der meist intensiven Färbung weniger auf.

In der Erde findet sich Granat in sehr verschiedenartigen Gesteinen, eingewachsen in Granit und Phonolit, in kristallinischen Schiefern, in Serpentin und in Kalkstein, aufgewachsen auf Spalten kristallinischer Silikatgesteine und meist so, dass Granat von einer bestimmten chemischen Zusammensetzung an ein bestimmtes Gestein gebunden ist.

Bei Betrachtung der einzelnen Arten wollen wir immer den Namen voranstellen, den sie im gewöhnlichen Leben und als Edelstein haben, und bei jeder gleich ihre Bedeutung als Edelstein angeben, manche von ihnen werden seit uralten Zeiten getragen.

Almandin ist ein dunkelroter Granat und nach seiner chemischen Zusammensetzung immer ein Eisentongranat. Seine Farbe hat oft einen bläulichvioletten Ton, ist aber auch karminrot und gelbrot; wenn sie besonders betont werden soll, also im Edelsteinhandel, trennt man den bläulichroten als eigentlichen Almandin ab und gibt den anders gefärbten besondere Namen, wenn aber die chemische Zusammensetzung für den Namen massgebend ist, wie in der Mineralogie, fasst man die verschieden gefärbten als Almandin zusammen, sobald sie nur alle Eisentongranat sind. Almandin ist mit einem spezifischen Gewicht von 4,3 der schwerste von allen Granaten und sein Gewicht wird unter den Edelsteinen nur noch von dem des Zirkon übertroffen. Mit der schönen Farbe ist bisweilen vollkommene Durchsichtigkeit verbunden, meist freilich ist Almandin wenig durchsichtig und rissig. Er ist der häufigste von allen Granaten und ein sehr verbreitetes Mineral, seine Heimat sind besonders die kristallinischen Schiefer (Gneiss, Glimmerschiefer, Chloritschiefer, Granulit). Einen trüben, rissigen, aus dem Gestein herausgelösten Almandin zeigt uns Figur 11 der Tafel 47, ein wenig klareren die Stufen 12 und 13. Der erstere ist ein Rhombendodekaeder, die in Figur 12 sind Ikositetraeder, der in Figur 13 die Kombination dieser beiden Formen wie die Textfigur 190.

Die Zahl der Fundorte von Almandin ist so gross, dass wir nur einige der wichtigsten nennen können. In Europa kommen grosse Almandinkristalle massenhaft in dem Chloritschiefer am Granatenkopf im Oetztal vor (Tafel 47, 11), ebenso im Zillertal und im Gotthardgebiet. Kleinere Kristalle finden sich im Riesengebirge, Schwarzwald, Odenwald, bei Fahlun in Schweden, bei Mursinka, Miask, Slatoust und andern Orten im Ural, überhaupt fast in allen Gebirgen, in denen kristallinische Schiefer zutage treten. Besonders schöner, in Chloritschiefer eingewachsener Almandin kommt seit wenigen Jahren von Fort Wrangel am Stickeenriver in Alaska (Figur 13, der Tafel 47), ebenfalls schöne Kristalle von Grönland (Figur 12). Schleifwürdiger Almandin wird in Radschputana, in Dschaipur und andern Staaten Vorderindiens bergmännisch gewonnen, auf Seifen findet er sich auf Ceylon. In neuerer Zeit kommt ein Granat, der allem Anschein nach zu Almandin gehört, aus Deutsch-Ostafrika; er kommt in schön klaren, ebenflächigen Bruchstücken in den Handel, deren Farbe bald bläulichrot ist, wie die von Almandin, bald blutrot, wie die von Pyrop, und die recht kräftige Doppelbrechung besitzen.

Verwendung. Almandin und die ihm nahe stehenden Granaten werden seit alten Zeiten als Schmuckstein benutzt, ihr alter Name ἄνθραξ und carbunculus deutet auf die einer glühenden Kohle ähnliche Farbe, es ist der in Sagen und Märchen oft genannte Karfunkelstein. Mit diesem gelblichroten Stein dürfte der sirische Granat identisch sein, der wahrscheinlich von der früher wichtigen Handelsstadt Sirian in Pegu seinen Namen hat, von der aus er in Verkehr kam (in deren Gegend er sich aber nicht findet). Der bläulichrote eigentliche Almandin führt bisweilen den Namen orientalischer Granat, die Farbe geht bei manchen stark ins Violette und ist dann weniger beliebt, weil sie bei Lampenlicht sehr verliert. Er war schon in der hellenistischen und griechisch-römischen Glyptik für Gemmen sehr beliebt. Almandin mit bräunlichroter Farbe wird Vermeillegranat genannt. Der Granat aus Deutsch-Ostafrika hat in Böhmen, wo er zuerst in grösserer Menge geschliffen wurde, den irreführenden Namen Fashodagranat bekommen; es ist ein feuriger, schöner Stein. Der als Kaprubin in den Handel gekommene Granat wird nach seiner chemischen Zusammensetzung zu Pyrop gerechnet und wir werden ihn da kennen lernen. Der Wert von Almandin richtet sich ausser nach Reinheit, Klarheit und Grösse ganz nach der Farbe und ist um so höher, je mehr sich die Farbe dem reinen Rubinrot nähert, ausgesprochen gelblichrote und violette Steine haben weniger Wert.

Kaneelstein oder Hessonit ist honiggelb, gelbrot oder hyazinthrot (Figur 1 und 2 der Tafel 47), der Namen Kaneelstein bezieht sich auf die dem Zimmt- oder Kaneelöl ähnliche Farbe. Es ist nach seiner chemischen Zusammensetzung ein Kalktongranat, hat von den verschiedenen Varietäten des Granats das geringste spezifische Gewicht (3,4—3,6) und einen Brechungsexponenten von 1,74 für rotes Licht. Dieser Granat findet sich mit Diopsid und Chlorit aufgewachsen auf Klüften in Serpentin im Alatal (Figur 4), die Kriställchen haben die in der Textfigur 191 abgebildete Form. Der als Edelstein verwendete Kaneelstein kommt fast ausschliesslich aus Ceylon, wo er sich in Kristallen als einfaches Rhombendodekaeder (Figur 1), meist aber in unregelmässigen abgerollten Stücken auf den Edelsteinseifen mit Hyazinth und andern Edelsteinen findet und er selbst wird oft mit Hyazinth verwechselt, ist aber leichter als dieser und einfachbrechend; im Preise sind sie ziemlich gleich. In der Zeit Alexanders des Grossen war dieser Stein ganz besonders beliebt und auch heute noch wird er gern getragen.

An den Kaneelstein schliessen wir andere an, die wie dieser Kalktongranaten sind, als Edelstein kaum eine Rolle spielen, dafür aber in schönen Kristallen vorkommen. Hierher gehört der Grossular, so genannt, weil er die Farbe grüner Stachelbeeren (grossularia) hat, in Figur 5 und 6 der Tafel 47 sehen wir zwei Kristalle, ein Rhombendodekaeder (5) und ein Ikositetraeder (6). Er findet sich mit Vesuvian (Tafel 49, 1—3) zusammen an der Mündung des Flusses Achtaragda in den Wilui in Ostsibirien. Sehr häufig tritt Kalktongranat in Kalkstein auf, der durch ein Eruptivgestein umgewandelt ist, er ist ein typisches Kontaktmineral. So kommt er in weissen und braunroten Kristallen bei Auerbach an der Bergstrasse, mit Wollastonit in blauem Kalk bei Cziklowa (Figur 8), mit Magneteisen und Kalk bei Dognacska in Ungarn vor. Der rosafarbige Granat der Figur 7 findet sich in Kalk eingewachsen bei Rancho de San Juan in Mexiko. Andere bekannte Fundorte für Kalktongranat sind: Gleinitz bei Jordansmühl in Schlesien, der Monzoni in Südtirol, Rumford in Maine in den Vereinigten Staaten etc. Ungewöhnlich grosse Kristalle sind im Sande auf der Dominsel in Breslau gefunden worden, ihre eigentliche Heimat ist nicht bekannt. Anhaftender Kalkstein deutet darauf hin, dass auch sie Kontaktbildungen sind.

Pyrop ist heute wohl der bekannteste Granat, sein Name »feueraugig« bedeutet fast dasselbe wie Karfunkelstein und bezieht sich auf seine blutrot bis feuerrot leuchtende Farbe. Gewiss sind beide Arten früher unter dem gleichen Namen gegangen, der Unter-

Digitized by Google

schied liegt ausser in der Farbe in der chemischen Zusammensetzung und der Art des Vorkommens. Pyrop ist ein Magnesiatongranat, der ausser Eisen immer auch Chrom (2—6 % Chromoxyd) beigemischt enthält und er kommt immer in Olivingesteinen oder dem daraus durch Verwitterung entstandenen Serpentin vor (Tafel 47, 16) und hierin niemals in Kristallen, sondern in regellosen Körnern, deren Durchmesser sehr selten mehr als einen Centimeter, meist nur einige Millimeter beträgt. Bei vollständiger Verwitterung des Gesteins gelangt Pyrop in den Boden oder auf Seifen, woraus er allein gewonnen wird.

Sein spezifisches Gewicht ist 3,7—3,78, bleibt also noch erheblich unter dem des Almandin.

Die seit alter Zeit bekannten Fundstätten liegen in Böhmen, darum heisst Pyrop auch Böhmischer Granat. Das granatführende Gebiet nimmt am Südabhang des Mittelgebirges und nördlich vom Egerfluss 70 qkm ein, von denen ein Zehntel als reich bezeichnet werden kann; es ist die Gegend westlich von Trebnitz, südwestlich von Leitmeritz und die isolierte Partie von Meronitz und ein kleines Gebiet in Sachsen; von hier, aus Zöblitz, stammt der in Figur 16 der Tafel 47 abgebildete Pyrop in Serpentin, von dem er durch eine schmale Zone chloritischer Substanz getrennt ist. Die granatführenden Schotter sind in Böhmen bis zu 7 m mächtig und der Granat ist begleitet von Zirkon, Ceylanit, Korund, Turmalin, Olivin, Opal und andern Mineralien. Die Pyropkörner befanden sich zuerst im Serpentin, dann gelangten sie bei einer Eruption in einen vulkanischen Tuff, von hier aus in diluvialen Schotter und zum Teil noch einmal in die jetzigen alluvialen Ablagerungen, so dass wir sie heute auf ihrem vierten Aufenthaltsorte antreffen. Aus diesen Ablagerungen wird der Pyrop durch Graben gewonnen. Die meisten sind so klein, dass 500 und mehr auf ein Lot ($16^2/_3$ g) gehen, erbsengrosse Steine sind schon selten. Der Preis richtet sich, da sie alle gleich rein und gleich gefärbt sind, wesentlich nach der Grösse und während die kleinen nicht viel mehr kosten, als der Arbeitslohn beträgt, steigt der Wert mit der Grösse ganz erheblich.

Die Granatindustrie in Böhmen (Hauptsitz Turnau an der Iser) ist der Achatindustrie von Idar und Oberstein vergleichbar, hier wie da findet der grösste Teil der Bevölkerung in der Steinindustrie lohnende Beschäftigung, hier wie da gründet sich die Industrie auf ein einheimisches Produkt, und hier wie da hat sie sich auf fast alle andern Edelsteine ausgedehnt und die böhmischen Schleifereien machen durch die billigen Arbeitslöhne denen in Idar und Oberstein ernstlich Konkurrenz.

Der böhmische Pyrop wird an Schönheit und Grösse noch übertroffen von einem gleichfalls chromhaltigem Magnesiagranat, der mit Diamant in Südafrika vorkommt und der als Kaprubin im Edelsteinhandel bezeichnet wird. Er ist rein carminrot, besitzt ausgezeichneten Glanz, starkes Feuer, glühende Farbe, es ist der wertvollste Granat. Wie der Pyrop kommt er ebenfalls nur in eckigen Körnern vor und findet sich mit heller rotem Pyrop und den bei Diamant (Seite 205) genannten Mineralien in der blauen Erde der »dry diggings« und in den Sanden der »river diggings«, aber immer verhältnismässig selten.

Demantoid und Melanit. Wir vereinigen hier zwei Granaten, die zwar sehr verschieden gefärbt, aber in der Hauptsache gleich zusammengesetzt sind, den grünen Demantoid und den schwarzen Melanit, beides sind Kalkeisengranaten, der Melanit enthält ausser den sonstigen Bestandteilen des Granats noch Titansäure. Demantoid ist durchsichtig, hell gelblichgrün bis tief smaragdgrün, hat ein spezifisches Gewicht von 3,83 und kommt in Körnern und nierenförmigen Knollen auf Kluftflächen serpentinartiger Gesteine oder auf Goldseifen vor. Seine eigentliche Heimat ist der Ural, wo hellgrüne bis farblose Gerölle in den Goldseifen von Nischne-Tagilsk, schön gefärbte Körner in Serpentin am Bache Bobrowka im Bezirk von Syssersk vorkommen. Diese kommen in neuester Zeit in grosser

Menge in den Handel und haben die im ganzen seltenen durchsichtig grünen Steine beträchtlich vermehrt. Sie haben, gut geschliffen, lebhaften Glanz und kräftiges Feuer; der in Figur 17 der Tafel 47 abgebildete Stein gibt hiervon nur eine schwache Vorstellung. Von Smaragd, mit dem die dunkelgrünen vielleicht verwechselt werden könnten, kann er durch das spezifische Gewicht unterschieden werden, in Bromoform oder Methylenjodid sinkt Demantoid unter, während Smaragd schwimmen bleibt; ausserdem ist Smaragd deutlich doppeltbrechend und dichroitisch, Demantoid nicht. Melanit ist schwarz, kommt immer in ringsum ausgebildeten Kristallen vor, die von Rhombendodekaeder mit Ikositetraeder (Textfigur 190) begrenzt sind, die Figur 9 auf Tafel 47 führt uns einen solchen vor. Abweichend von anderen Granaten ist Melanit Gemengteil von manchen vulkanischen Gesteinen (Phonolith, Leucitophyr), mit blossem Auge ist er hierin an seiner Form und Farbe, im Dünnschliff unter dem Mikroskop an dem meist sechseckigen Umriss und dem vielfachen Wechsel von hell und dunkelbraunen Schichten zu erkennen. So findet er sich im Kaiserstuhl bei Freiburg i. B., bei Rieden im Gebiet des Laacher Sees, besonders aber bei Frascati im Albaner Gebirge bei Rom, von hier stammt auch der abgebildete Kristall, grössere Kristalle als dieser kommen kaum vor.

Schöne grüne und braune Granatkristalle, die gleichfalls Kalkeisengranat sind, finden sich bei Schwarzenberg und Breitenbrunn in Sachsen, dem Demantoid ähnliche Knollen in Serpentin bei Dobschau in Ungarn, überhaupt tritt grüner Kalkeisengranat recht häufig mit Serpentin zusammen als Neubildung auf, dahin gehört auch der als Topazolith bezeichnete Granat aus dem Alatal in Oberitalien und kleine Kristalle aus der Gegend von Dillenburg in Nassau.

Kalkchromgranat oder Uwarowit ist dem smaragdgrünen Demantoid ähnlich, kommt aber immer in Kristallen, scharfen, kleinen Rhombendodekaedern vor, die auf Chromeisenstein aufgewachsen sind. Wir sehen diese Art in Figur 10 der Tafel 47, der Chromeisenstein ist durch oberflächliche Oxydation gelbbraun gefärbt. Das spezifische Gewicht ist 3,42, der Gehalt an Chromoxyd beträgt etwa 22 %.

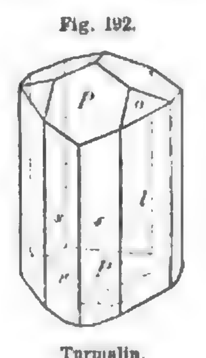
Das Mineral ist selten, es findet sich gut kristallisiert bei Saranowskaja, 12 Werst von der Hütte Bissersk im nördlichen Ural, von hier ist das abgebildete Stück, sonst tritt es nur als dünner Ueberzug auf und auch dies selten. Als Rarität werden klare Steine gelegentlich geschliffen, sonst sind die Kristalle zu selten und zu klein, als dass sie als Edelstein irgend eine Rolle spielen könnten.

Turmalin.

Turmalin ist ein Mineral, das durch seine Form und seine physikalischen Eigenschaften interessant, durch seine Verwendung als Edelstein wichtig und auch als gesteinsbildendes Mineral von Bedeutung ist. Der Name leitet sich von dem singhalesischen Wort Turamali ab, unter dem das Mineral im Jahre 1703 durch Holländer von Ceylon nach Europa gebracht worden ist; vorher schon war es in Deutschland unter dem Namen Schörl bekannt. Die Kristalle haben prismatische Gestalt und es fällt an ihnen auf, dass neben einem sechsseitigen Prisma ein dreiseitiges vorhanden ist (Tafel 48, 11 und Textfigur 192), wodurch, je nachdem es vorherrscht oder zurücktritt, der Querschnitt durch die Säule dreiseitig (Figur 17) oder neunseitig ist. Schon aus dieser Form erkennt man, dass Turmalin hexagonal-rhomboedrisch und hemimorph ist, es ist gar nicht nötig, dass man die verschiedene Ausbildung an beiden Enden sieht, oft sind sie tatsächlich gleich ausgebildet (Tafel 48, 11) oder nur das eine Ende ist von Flächen begrenzt, mit dem

andern ist der Kristall aufgewachsen (Figur 1 und 5), vollständige Kristalle mit an beiden Enden verschiedenen Flächen sind nicht so häufig. Die Textfigur 192 macht uns mit einem solchen bekannt, *l* ist das dreiseitige Prisma der ersten Stellung, *s* das sechsseitige Prisma der zweiten Stellung, *o* an dem oberen Ende ein Rhomboeder, *P* das nächste stumpfere hierzu, da es die Kanten von *o* gerade abstumpft. An dem unteren Ende ist wieder *P* vorhanden, aber nun so, dass seine Kanten durch die Flächen *n* schmal abgestumpft werden. Die Flächen *P* werden in der Regel als die des Grundrhomboeders angenommen und bekommen das Naumannsche Zeichen $+R$, *o* ist dann $-2R$, *n* ist $-\frac{1}{2}R$, *s* ist $\infty P2$ und *l* ist $\frac{\infty R}{2}$. Die Flächen des Grundrhomboeders schneiden sich unter einem Winkel von 133° 10′, mit einem Anlegegoniometer kann man es leicht bestimmen, die Bedeutung der meisten andern Flächen ergibt sich dann aus ihrer Lage zu dem Grundrhomboeder. Von den auf unserer Tafel abgebildeten Kristallen ist der in Figur 1 von dem Prisma der zweiten Stellung und dem Grundrhomboeder begrenzt, drei Flächen von dem Prisma der ersten Stellung sind sehr schmal und hier nicht zu sehen, breiter sind sie im Kristall der Figuren 3 und 11. Der Kristall in Figur 5 lässt an seinem uns zugewendeten freien Ende das Grundrhomboeder $+R$, das nächste stumpfere $-\frac{1}{2}R$ und die Basis oR erkennen, der in Figur 6 ist von dem Prisma der zweiten Stellung, dem Grundrhomboeder $+R$ und (rechts oben) dem Rhomboeder $-2R$ begrenzt; dieselben Flächen, noch mit dem Prisma der ersten Stellung zeigt der braune Kristall der Figur 12; nur von der Basis an dem Ende ist der Kristall in Figur 2 begrenzt. An andern Kristallen treten ausser den Rhomboedern noch Skalenoeder auf und es gibt darunter manchmal recht flächenreiche, wenn auch ganz kleine Kristalle. Wenn sie an beiden Enden ausgebildet sind, ist die Hemimorphie bisweilen, aber nicht immer, an der Verschiedenheit beider Enden zu erkennen. Da die obere Hälfte eines Rhomboeders oder Skalenoeders von der untern verschieden ist, sollte man streng genommen nicht mehr von Rhomboeder und Skalenoeder sprechen, das erstere wäre eine einfache, dreiseitige, trigonale Pyramide, das andere eine zweimal dreiseitige, ditrigonale Pyramide, in der Regel werden aber diese Flächen doch Rhomboeder und Skalenoeder genannt.

Fig. 192.



Turmalin.

Dass die beiden Enden eines Turmalinkristalls verschieden sind, auch wenn dies aus den Flächen nicht zu ersehen ist, wenn z. B. beide Enden, wie an dem Kristall der Figur 17 abgebrochen sind, ergibt sich aus seinem elektrischen Verhalten. Turmalin wird nämlich durch Temperaturänderung, durch Erhitzen und Abkühlen, leicht elektrisch erregt und so stark, dass er kleine Staub- und Ascheteilchen anzieht und darauf wieder abstösst, er ist daher von Holländern, die gesehen hatten, dass er auf heisser Torfasche die Asche anzieht, Aschentrecker genannt worden. Dass die beiden Enden verschieden, das eine positiv, das andere negativ elektrisch erregt werden, kann man am besten durch das von Kundt angegebene Bestäubungsverfahren nachweisen: Man erwärmt den Turmalin in einem Trockenschrank oder auf einem Ofen so lange, bis er gut durchgewärmt, aber nicht heisser als 120° ist, darauf zieht man ihn schnell durch eine Spiritusflamme, die ihm die angesammelte Elektrizität nimmt, lässt einige Zeit auf trockner Unterlage abkühlen und überstäubt ihn dann mit einem feinen trocknen Gemisch von Schwefelblumen und Mennige, der gelbe Schwefel setzt sich an dem positiv, die rote Mennige an dem negativ erregten Ende ab und die Verschiedenheit beider ist hierdurch sofort zu erkennen. Man nennt diese durch Temperaturänderung erzeugte Elektrizität Pyroelektrizität und Turmalin, besonders der dunkelgrüne Brasilianer, wie in Figur 17, bietet das beste Material für ihre Erzeugung; seine Hauptachse

Digitized by Google

ist eine polare elektrische Achse. Mit dem Sinn der Temperaturänderung ändert sich auch das Zeichen der Elektrizität, das Ende, das bei dem Abkühlen negativ wird, wird beim Erwärmen positiv erregt, man nennt dieses Ende auch den analogen Pol, das andere den antilogen Pol. Wir haben hier also ein ausgezeichnetes Beispiel für den Zusammenhang zwischen der Form und den physikalischen, speziell elektrischen Eigenschaften eines Kristalls. Wie die Form in ihrem Wesen polar ist, dadurch dass die Flächen an beiden Enden verschieden sind, so sind die Kristalle auch elektrisch polar, das eine Ende wird immer anders erregt als das gegenüberliegende, die Hauptachse ist in jedem Fall eine polare Achse. An Kieselzinkerz (Seite 121) haben wir die gleiche Eigenschaft schon einmal kennen gelernt.

Die optischen Eigenschaften bieten gleichfalls manches Bemerkenswerte, zunächst eine grosse Farbenmannigfaltigkeit, von der unsere Tafel eine wenn auch nur schwache Vorstellung gibt, fast alle Farben sind vertreten und oft mit vollkommener Durchsichtigkeit und Klarheit verbunden. Es gibt Turmaline, die nahezu farblos oder so schwach rosa, grünlich oder bläulich gefärbt sind, dass man die Farbe erst in einer dickeren Schicht wahrnimmt und von hier ab werden alle Töne bis zu den tiefst gesättigten durchlaufen, von zartem Rosa bis zu dunklem Rubinrot, von hellem saftigem Grün bis zu düsterem Dunkelgrün, von dem freundlichsten Blau bis zu tief Indigblau und Bläulichgrün in vielen Nuancen, von hellem Braungelb bis zu Schwarz. Dabei zeigt derselbe Kristall oft verschiedene Farbe, der untere Teil ist hell, das obere Ende schwarz, darum heissen solche Kristalle Mohrenköpfe (Tafel 1, 7), oder das untere Ende ist dunkel, das obere hell (Tafel 48, 13), beide gehen allmählich ineinander über; oder das eine Ende ist rosafarbig, das andere hellgrün, beide grenzen scharf, ohne Uebergang aneinander; oder das eine Ende ist rosaviolett, das andere blaugrün; das eine ist lichtrosa, das andere rubinrot. Alle diese Arten liegen mir vor, dazu ein ganz hervorragend schöner 4 cm langer Kristall aus Brasilien; an dem Ende, mit dem er aufgewachsen war, ist er dunkelblaugrün, nach oben wird er allmählich heller, ungefähr in der Mitte geht die blaugrüne Farbe in gelblichrosa über, das Ende ist zartrosa, dazu von glänzenden Flächen begrenzt (Rhomboeder, Skalenoeder und Basis), was bei diesen Turmalinen selten ist. Schade, dass die Tafel schon fertig war, als ich diesen Kristall bekam. An andern Kristallen umhüllen sich die verschieden gefärbten Teile, ein roter oder bläulichroter Kern ist von einer grünen Hülle (Tafel 48, 7), ein roter Kern ist von einer farblosen Schicht, diese von einer blaugrünen Hülle umgeben; oder ein roter Kern ist von einer blauen Schicht und einer grünen Hülle umgeben, es herrscht eine fast unerschöpfliche Mannigfaltigkeit, die von keinem andern Mineral übertroffen wird.

Hierzu kommt noch etwas anderes; die Absorption von Turmalin ist bisweilen nach verschiedenen Richtungen sehr verschieden, es gibt Kristalle, die senkrecht zu den Prismenflächen gesehen, grün oder braun und durchsichtig sind, die aber senkrecht zur Basis, auch in einer dünnen Platte gar kein Licht hindurchlassen. Dies erklärt sich daraus, dass der eine von den beiden Strahlen, die im Turmalin durch die Doppelbrechung erzeugt werden, und zwar der ordentliche stärker absorbiert wird als der ausserordentliche, manchmal so vollkommen, dass die Kristalle oder Platten parallel zu den Prismenflächen nur den ausserordentlichen Strahl hindurchlassen. Da dieser durch Doppelbrechung erzeugt wird, ist sein Licht polarisiert; eine solche Turmalinplatte kann daher wie ein Glasplattensatz oder ein Nicolsches Prisma als Polarisationsapparat benutzt werden, sie hat nur den Nachteil, dass sie gefärbt ist. Wenn der Dichroismus auch nicht in allen Turmalinkristallen so vollständig ist, dass der eine Strahl völlig absorbiert wird, so sind die Absorptionsunterschiede nach verschiedenen Richtungen doch in der Regel so kräftig, dass mit der dichroskopischen Lupe der Dichroismus leicht zu erkennen ist. Einige

Kristalle (alle, mit Ausnahme des letzten aus Brasilien), die als Edelstein geschliffen werden, geben in diesem nützlichen Instrumentchen folgende Farben:

Farbe des Kristalls	Ordentlicher Strahl	Ausserordentl. Strahl
farblos, 1 cm dick	farblos	farblos
hellgrün, fast farblos, ca. 1 cm dick	hell gelblichgrün	hell wasserblau
grün, 2—3 mm dick	grünlichgelb bis pistaziengrün	wasserblau bis hellgrün
grün, 6 mm dick	braun bis schwarz	grün
blaugrün, 3 mm dick	bläulichgrün	wasserblau bis farblos
dunkelblaugrün, 3 mm dick	dunkelblaugrün, fast schwarz	blaugrün
blau, 5 mm dick	blaugrün	hellblau
zart rosa, 5 mm dick	rosa	farblos
zart rosa, 1 cm dick	violettrosa	rosa ins gelbliche
dunkelviolettrot, 7 mm dick	rotviolett (wie Gipsblättchen vom Rot erster Ordnung i. polar. Licht)	zartrosa
dunkelcarminrot, 8 mm dick (aus dem Ural)	rötlichviolett (ähnlich dem vorhergehenden)	gelb in rosa übergehend

Auf diesen Dichroismus muss bei dem Schleifen Rücksicht genommen werden; am zweckmässigsten werden die Steine so geschliffen, dass ihre grösste Fläche der Säule parallel geht, die Farbe kommt dann am besten zur Geltung und es kann an so geschliffenen Steinen der Dichroismus, im Gegensatz zu Rubin, leicht nachgewiesen werden. Schleift man senkrecht zur Säule, so kann es vorkommen, dass der Stein ganz dunkel oder undurchsichtig ist, weil das Licht bei dieser Schlifflage sehr stark und jedenfalls immer stärker als in einem Schliff parallel zur Säule absorbiert wird.

Die Lichtbrechung ist nicht sehr stark, die Doppelbrechung ist kräftig, die Werte sind nicht konstant, sondern wechseln mit der Farbe und der chemischen Zusammensetzung. An farblosem Turmalin von Elba ist der Brechungsexponent für den ordentlichen Strahl zu 1,6397, für den ausserordentlichen zu 1,6208 in Natriumlicht gemessen. Turmalin als Edelstein wirkt daher weniger durch lebhaften Glanz als durch seine liebliche Farbe.

Spaltbarkeit ist nicht vorhanden, die Härte ist etwas grösser als die von Quarz, etwa $7^1/_2$, das spezifische Gewicht schwankt von 3,0 bis 3,2.

Sehr mannigfaltig und kompliziert ist die chemische Zusammensetzung von Turmalin und die besten Chemiker unter den Mineralogen haben sich bis heute noch nicht auf eine einwandfreie Formel einigen können, jedenfalls liegen im Turmalin immer isomorphe Mischungen in wechselndem Mengenverhältnis der einzelnen Glieder vor. Die Schwierigkeit der Analyse erklärt sich hieraus und aus dem Umstand, dass in Turmalin Stoffe, wie Lithion, Bor, Titan und Fluor enthalten sind, die nicht so leicht quantitativ bestimmt werden können. Die folgenden Bestandteile sind in Turmalin nachgewiesen:

H_2O	K_2O	Na_2O	Li_2O
MgO	CaO	MnO	FeO
Fe_2O_3	Al_2O_3	B_2O_3	
SiO_2	TiO_2	Fl.	

Digitized by Google

Grüner Turmalin aus Brasilien z. B. enthält nach einer Analyse von Jannasch:

37,05 % SiO_2, 9,09 % B_2O_3, 40,03 % Al_2O_3, 2,36 % FeO, 2,35 % MnO, 0,47 % CaO, 0,32 % MgO, 3,18 % Na_2O, 3,23 % H_2O, 1,15 % Fl.

Der braune Turmalin von Dobrawa (Tafel 48, 3) ist in Gegensatz zu diesem reich an Magnesia, er besteht nach einer Analyse von Rammelsberg aus:

38,09 % SiO_2, 11,15 % B_2O_3, 32,90 % Al_2O_3, 0,66 % FeO, 1,25 % CaO, 11,79 % MgO, 2,37 % Na_2O, 0,47 % K_2O, 2,05 % H_2O, 0,64 % Fl.

Im Gegensatz zu diesen beiden sind andere reich an Eisenoxydul, z. B. enthält ein schwarzer Turmalin von Alabaschka nach einer Analyse von Jannasch:

35,41 % SiO_2, 10,14 % B_2O_3, 33,75 % Al_2O_3, 13,42 % FeO, 0,17 % CaO, 1,57 % MgO, 0,34 % K_2O, 2,08 % Na_2O, 3,41 % H_2O, 0,28 % Fl.

Wieder andere Turmaline enthalten erheblichere Mengen von Lithion, z. B. ein blassgrüner aus Brasilien nach einer Analyse von Riggs:

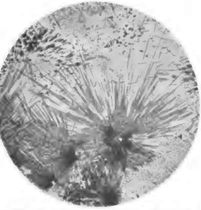
37,39 % SiO_2, 10,29 % B_2O_3, 39,65 % Al_2O_3, 0,15 % Fe_2O_3, 2,29 % FeO, 1,47 % MnO, 0,49 % CaO, 1,71 % Li_2O, 2,42 % Na_2O, 0,25 % K_2O, 3,63 % H_2O, 0,32 % Fl.

Nach ihrer Zusammensetzung werden die Turmaline wohl auch als Lithionturmalin, Eisenturmalin und Magnesiaturmalin unterschieden, wir wollen sie lieber nach der Farbe und Durchsichtigkeit unterscheiden.

Gegen Säuren ist Turmalin sehr widerstandsfähig, nicht einmal von Flusssäure wird er angegriffen, erst nachdem er geschmolzen ist, wird er von Flusssäure zersetzt. Vor dem Lötrohr lässt sich Turmalin schmelzen und im allgemeinen um so leichter, je dunkler, d. h. je eisenreicher er ist. In der Natur ist Turmalin meist sehr frisch, nur selten kommt er in Glimmer umgewandelt vor.

Turmalin findet sich eingewachsen in granitischen Gesteinen und kristallinischen Schiefern, entweder in einzelnen Körnern und dickeren Kristallen, oder in radialstrahligen Massen als sogen. Turmalinsonne. Sie sind oft schon mit blossem Auge zu erkennen, oft erst unter dem Mikroskop, eine solche kleine Turmalinsonne zeigt uns nebenstehende Textfigur 193. In diesen Gesteinen ist der Turmalin besonders mit Quarz verwachsen und man nimmt an, dass er sich aus überhitzten Lösungen, aus Fumarolen bald nach der Eruption des Granits gebildet habe. Von der Art, wie er makroskopisch sichtbar vorkommt, gibt Figur 8 eine Vorstellung und so wie hier roter stengeliger Turmalin in Lithionglimmer, kommt anderswo schwarzer Turmalin in Quarz des Granits vor; sehr häufig sind die Stengel zerbrochen und durch Quarz wieder verkittet. Aufgewachsene Kristalle finden sich zusammen mit Quarz, Feldspat und andern Mineralien auf

Fig. 193.



Turmalinsonne in Turmalingranit von Luxullion in Cornwall. Vergrösserung 45fach.

Digitized by Google

Hohlräumen in Granit (Tafel 48, 1, 5 und 13, Tafel 1, Figur 7), ausgewitterte Kristalle und Bruchstücke davon, oft abgerollt, kommen auf Seifen vor.

Wir betrachten nun die Turmaline nach ihrer Farbe und ihren Fundorten, stellen den schwarzen voran und lassen die schön gefärbten folgen.

Schwarzer Turmalin oder Schörl, reich an Eisenoxydul, ist der häufigste von allen, in dickeren Stücken ist er schwarz und undurchsichtig, im Dünnschliff wird er immer noch mit brauner oder blauer Farbe durchsichtig, und erweist sich als stark dichroitisch. Er kommt bisweilen in sehr grossen und dicken, mitunter zerbrochenen und durch Quarz wieder verkitteten Kristallen vor, einige kleinere Kristalle sind auf Tafel 48 in den Figuren 1, 5 und 11 abgebildet; oder er bildet strahlige, stengelige Aggregate, die oft in grossen Massen den Granit durchschwärmen. Einige Fundorte schöner Kristalle sind: Hörlberg bei Lam im Bayerischen Wald (Figur 5), Sonnenberg bei Andreasberg im Harz, Auerbach und Oberkainsbach im Odenwald, Elba (Figur 1), Kragerö in Norwegen (Figur 11), Eibenstock im sächsischen Erzgebirge, hier grosse Turmalinsonnen, Alabaschka bei Mursinka im Ural, Pierrepont in St. Lawrence County in den Vereinigten Staaten, hier ringsum ausgebildete, schöne glänzende Kristalle, Monroe und Haddam in Connecticut, Stony Point in Alexander County etc.

Eine besondere Verwendung findet schwarzer Turmalin nicht.

Brauner Turmalin ist hell- bis dunkelbraun (Tafel 48, 12 und 3) bis nahezu schwarz, aber immer so, dass man auch an dicken Kristallen die braune Farbe erkennt. Er enthält immer viel Magnesia (siehe die zweite Analyse), aber nur wenig Eisen, ist meist trüb, rissig und undurchsichtig, bisweilen aber auch klar und durchsichtig (Figur 14). In weissem Glimmerschiefer eingewachsene Kristalle kommen bei Dobrawa bei Unterdrauburg in Kärnten (3), in Kalk eingewachsene Kristalle, oft mit einem Skalenoeder an dem einen Ende, bei Gouverneur in St. Lawrence County im Staate New York vor (12). Schleifwürdige Kristalle finden sich auf den Edelsteinseifen der Insel Ceylon in dem Distrikt von Ratnapura, wo fast nur brauner Turmalin vorkommt, anders gefärbte sind hier sehr selten. Im ganzen spielt brauner Turmalin als Edelstein nur eine sehr untergeordnete Rolle, dagegen kann er wohl in Platten parallel der Säule als Polarisationsapparat dienen.

Edelturmalin. Alle schön gefärbten Varietäten sowie den farblosen Turmalin fassen wir unter dem Namen Edelturmalin zusammen, sie haben je nach ihrer Farbe wie andere Edelsteine, verschiedene Namen bekommen, im allgemeinen aber wird gerade bei diesem Mineral der Name Turmalin auch von den Juwelieren, wenigstens den besseren, gebraucht; es mag dies wohl daher kommen, dass Turmalin erst seit kurzem eine Rolle als Edelstein spielt, dass er als Turmalin im grossen versteigert, und geschliffen als Turmalin den Juwelieren angeboten wird.

Roter Turmalin ist recht verbreitet, schleifwürdige Steine finden sich aber nur in wenigen Gegenden. Schöne, grosse Kristalle kommen bei San Piero in Campo auf der Insel Elba vor, sie sind licht rosenrot gefärbt (Tafel 48, 2 und 15), bisweilen unten grün oder bläulich (15), oben rosa, wie denn überhaupt auf Elba mehrfarbige Turmaline, Mohrenköpfe und andere nicht gerade selten sind (Tafel 1, 7 und Tafel 48, 13). Kleinere, bisweilen ebenfalls mehrfarbige Kristalle finden sich im Quarz des Lithionglimmers bei Rožna in Mähren, Penig in Sachsen, stenglige Aggregate in Lithionglimmer bei Pala in Kalifornien (Tafel 48, 8). Schleifwürdige Kristalle von dunkelcarmoisinrotem oder rubinrotem Turmalin werden bei Sarapulka und Schaitanka 12 und 48 Kilometer von Mursinka im Revier von Katherinenburg im Ural gewonnen (Figur 6), wo sie im Granit oder dessen Verwitterungsgruss vorkommen. Sie haben in ihrer Farbe oft mit Rubin grosse Aehnlichkeit, heissen darum auch sibirischer Rubin oder Rubellit, und es gehört schon Erfahrung dazu, ihn

von Rubin durch blosses Ansehen zu unterscheiden. Das geringere spezifische Gewicht und der kräftige Dichroismus lässt bei genauerer Untersuchung den Turmalin erkennen.

Rosenroter Turmalin zusammen mit grünem und blauen, oft auch von grünem umwachsen oder als grüner fortgewachsen, kommt ganz hervorragend schön am Mount Mica bei Paris, im Staate Maine in Nordamerika vor. G. F. Kunz bildet in seinem Prachtwerk »Gems and precious stones of North America« auf einer Tafel von hier stammende, ausgesucht schöne und grosse Turmalinkristalle ab, die allerdings alle andern Vorkommnisse in Schatten stellen. Wir sehen da rubinroten Turmalin für sich und von grünem umhüllt, rosenroten, allmählich in grünen übergehend, dunkelgrünen und blaugrünen Turmalin in den prächtigsten Farbentönen. Die meisten Steine sollen in Amerika geschliffen und dort getragen werden, ich habe im deutschen Edelsteinhandel sicher von dort stammende Steine nicht angetroffen.

Gegen dies ausgezeichnete Vorkommen dürfte das in der Provinz Minas Geraes in Brasilien kaum zurückstehen, freilich sind die Kristalle oft abgerollt oder kommen als Bruchstücke und schon sortiert nach Europa, aber an Farbenpracht und Farbenmannigfaltigkeit halten sie jeden Vergleich aus. Sie kommen erst seit kurzem in den Handel, als ich die Tafel zusammenstellte (im Frühjahr 1901), hatte ich nur wenig Kristalle von dort zur Verfügung (4, 7, 17). Neben den seltenen farblosen und blauen Steinen sind rosenrote, karminrote, hellgrüne und dunkelgrüne besonders häufig, darunter Umwachsungen (7) und Fortwachsungen verschiedenfarbiger Schichten in der grössten Mannigfaltigkeit. Der vorher (Seite 244) gegebenen Schilderung liegen vorzugsweise Brasilaner Kristalle zu Grunde. Die Form der dunkelgrünen ist dabei oft vollständig erhalten, nur das eine Ende, mit dem sie aufgewachsen waren, ist abgebrochen, sie haben glänzende Prismenflächen und viele glänzende Flächen am Ende, darunter steile Rhomboeder und stumpfe und steile Skalenoeder, es sind oft sehr flächenreiche Kristalle. Diese sind durchschnittlich einige Zentimeter lang und kaum mehr als einen Zentimeter dick, meist dünner, vollkommen durchsichtig und stark dichroitisch (vergl. Seite 245). Andere dunkelgrüne sind dicker und länger, an dem Ende nur von der Basis begrenzt. Die hellgrünen und rosaroten haben stark vertikal gestreifte Prismenflächen, sind meist an den Enden abgebrochen, aussen oft rauh, im Innern klar und durchsichtig. Als Seltenheit bekommt man grüne Kristalle, die noch in Quarz eingewachsen sind, es ist daraus zu schliessen, dass der Turmalin hier wie anderswo an Granit gebunden war. Die Farbe mancher Varietäten hat mit der von Smaragd Aehnlichkeit, darum heissen diese grünen Turmaline wohl auch Brasilianer Smaragd; er lässt sich von echtem Smaragd immer durch sein höheres spezifisches Gewicht und die Art seines Dichroismus unterscheiden. Ein altbekannter europäischer Fundort für hellgrünen Turmalin ist Campo longo am St. Gotthard (Figur 10), wo er in einem körnigen Dolomit eingewachsen vorkommt.

Blauer Turmalin (Tafel 48, 9), auch Indicolith genannt, ist im ganzen selten, wenigstens rein blaue Steine, während blaugrüne und grünlichblaue schon häufiger sind. Sie finden sich mit den andern zusammen in Brasilien, heissen darum wohl auch Brasilianer Saphir, andere, aber schon mehr blaugrüne, kommen bei Paris in Maine und Goshen in Massachusetts vor.

Verwendung. Während bis vor wenigen Jahren Turmalin nur selten geschliffen wurde, wird zur Zeit das grösste Geschäft gerade in Turmalin gemacht und namentlich Rosaturmalin und grüner Turmalin, aber auch blaugrüner, werden in Idar und Oberstein in ausserordentlich grosser Menge geschliffen und gehören jetzt zu den modernsten Steinen. Der Preis ist ziemlich hoch, für rohe, dunkelgrüne, im ganzen recht kleine Kristalle wurde bei einer Versteigerung, der ich Ostern 1903 zufällig beiwohnen konnte, 70 Pfennig für das Gramm bezahlt, während Rosaturmalin es auf über 3 Mark für das Gramm der rohen

Steine brachte. Vollkommen klarer, geschliffener Rosaturmalin ist sehr begehrt und wird teuer bezahlt. Die trüben, rissigen Steine werden rund geschliffen und in Ketten getragen.

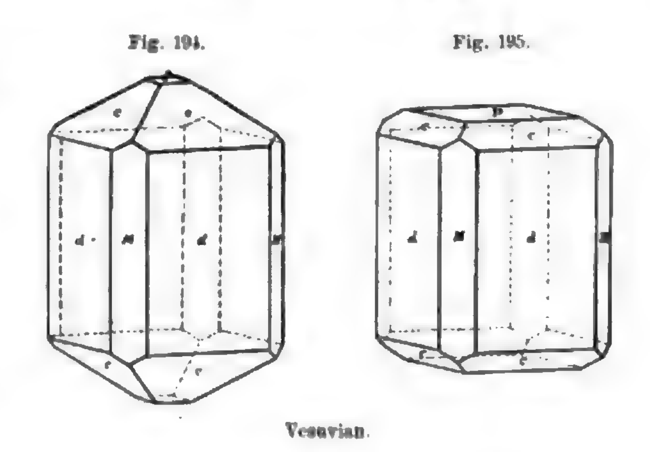
Von Rosatopas lässt sich Turmalin am besten durch sein geringeres spezifisches Gewicht unterscheiden, die andern Varietäten lassen sich von ähnlich gefärbten Steinen durch ihren Dichroismus und das spezifische Gewicht unterscheiden, so grüner Turmalin von dem wertvolleren Smaragd, blauer Turmalin von Saphir und dem weniger wertvollen Spinell.

Für Turmalinzangen, die als Polarisationsapparate dienen, sind nur Platten aus solchen Kristallen zu gebrauchen, in denen der ordentliche Strahl vollkommen absorbiert wird, im ganzen wird nur wenig Turmalin hierzu verarbeitet, die meisten Polarisationsapparate werden aus Glas oder Kalkspat hergestellt.

Vesuvian.

Dieses Mineral hat seinen Namen nach dem Vesuv bekommen, an dem besonders schöne Kristalle in Kalkblöcken vorkommen, die der alte Vesuv, die Somma, ausgeworfen hat und die nun von den Mineraliensammlern eifrigst gesucht werden. Vesuvian ist ein ausgezeichnetes Beispiel für quadratische Kristallisation, wir wollen daher die Form zuerst betrachten. Einen einfachen Kristall vom Vesuv sehen wir in Figur 14 der Tafel 49 und wir erkennen leicht, dass er von zwei quadratischen Prismen, einer Pyramide und der Basis begrenzt ist. Die Flächen der Pyramide schneiden sich unter einem Winkel von 129° 21′, sie wird als Pyramide erster Stellung angenommen, das Prisma, dessen Flächen unter den Pyramidenflächen liegen und hier breit sind, ist dann das Prisma der ersten Stellung (*d* in Textfigur 194), das andere das der zweiten Stellung (*M* in Figur 194). Diese einfache Kombination ist die häufigste, wir sehen sie auch an dem Kristall in Figur 9, der eine Fläche des Prismas erster Stellung auf uns zuwendet, und wie Textfigur 195 ausgebildet ist, ebenso an den Kristallen 2, 3, 6 und 16. Die Textfigur 195 zeigt dieselben Flächen, wie Figur 194, nur ist die Basis grösser, die Pyramide (*c*) kleiner. An andern Kristallen fehlt von diesen Flächen die Basis, so in Figur 4 und 17, oder das Prisma der zweiten Stellung wie in Figur 10, oder die Pyramide wie in Figur 13. Weitere Mannigfaltigkeit wird durch ungleiche Ausdehnung der Flächen erzeugt: Der Kristall 5 ist von denselben Flächen begrenzt und stammt von demselben Fundort (Canzocoli bei Predazzo), wie der in Figur 4, die Prismenflächen sind aber schmal; das andere Extrem zeigt Kristall 11, der von denselben Flächen begrenzt ist, wie der in Figur 10 und wie dieser von Ala stammt, er ist lang gestreckt nach dem Prisma; der Kristall 8, von demselben Fundort (Egg bei Christiansand) stammend, wie der Kristall 6, ist nach einer Nebenachse stark verlängert. Der grosse Kristall 17 sieht wie zerfressen aus. Nicht immer sind die Vesuviankristalle von so wenigen Flächen wie die hier abgebildeten begrenzt, es treten Pyramiden erster und zweiter Stellung, achtseitige Pyramiden und Prismen hinzu und namentlich

Fig. 194. Fig. 195.



Vesuvian.

Digitized by Google

kleine Kristalle sind oft recht flächenreich. Zwillinge sind von Vesuvian nicht bekannt, wohl aber kommen Parallelverwachsungen (Figur 8) und schalig gebaute Kristalle (6 und 7, hier aber nicht sichtbar) vor, in der Art, dass ein Prisma in dem andern zu stecken scheint und das äusserste alle umhüllt.

Ausser in Kristallen kommt Vesuvian in stengeligen und büschelförmigen Aggregaten vor, die nach dem Fundort Eger in Böhmen (Haslau bei Eger) den Namen Egeran bekommen haben.

Die verschiedenen Farben von Vesuvian sind aus der Tafel zu ersehen, am häufigsten sind die Kristalle braungrün oder gelblichbraun, seltener ausgesprochen gelb, rotbraun (13), grün (12) oder schwarz (14), intensiv blau ist die Cyprin genannte Varietät, ein stengelig körniger Vesuvian, der mit rotem Zoisit (Thulit) im Kirchspiel Souland in Telemarken vorkommt. Die Durchsichtigkeit ist meist gering, der Glanz ist Glasglanz, die Lichtbrechung ist mässig stark, die Doppelbrechung sehr schwach, die Brechungsexponenten für den ordentlichen und ausserordentlichen Strahl sind nur wenig verschieden: $\omega = 1,7235$, $\varepsilon = 1,7226$. Die Werte sind für die verschiedenen Vorkommnisse nicht ganz die gleichen, wahrscheinlich, weil auch die chemische Zusammensetzung nicht ganz konstant ist. Dasselbe gilt für das spezifische Gewicht, das zwischen 3,35 und 3,45 schwankt. Die Härte ist 6—7. Dichroismus ist vorhanden, aber wegen der geringen Durchsichtigkeit nur selten wahrzunehmen. Die Kristalle aus dem Alatal geben in der dichroskopischen Lupe ein grünlichgelbes (o) und ein grasgrünes (e) Bild.

So einfach die Kristallform, so kompliziert ist die chemische Zusammensetzung von Vesuvian, er enthält Wasserstoff (1—2 % Wasser), Magnesia (3 %), Kalk (36 %), Eisenoxyd (3 %), Tonerde (16 %) und Kieselsäure (37 %), dazu oft Fluor (1 %), Natron, Eisenoxydul und andere Stoffe, eine zuverlässige Formel hat bis heute noch nicht aufgestellt werden können. Von Säuren wird Vesuvian nur sehr schwer zersetzt, vor dem Lötrohr ist er schmelzbar.

Vesuvian kommt besonders in Kalk eingewachsen da vor, wo dieser durch ein Eruptivgestein zu Marmor umgewandelt ist, er ist ein typisches Kontaktmineral und ist begleitet von Granat und Wollastonit. Die Stücke 13, 15 und 18 unserer Tafel enthalten in Kalk eingewachsenen Vesuvian, in Figur 15 zeigt der Kalk dieselbe blaue Farbe wie der granatführende Kalk in Figur 8 der Tafel 47. Ausser in Kalk kommt Vesuvian auch auf Klüften von Chloritschiefer (Figur 16) und andern Gesteinen vor. Einige der wichtigsten Fundorte, von denen die meisten auf unserer Tafel vertreten sind, sind die folgenden:

Mte. Somma am Vesuv (9, 14) in den von dem alten Krater ausgeworfenen Kalkblöcken; Mussa-Alp im Alatal in Piemont (10, 11, 12) in Serpentin, Canzocoli bei Predazzo (4, 5) in Kalk im Kontakt mit Syenit. Diesem ähnlich sind die Vorkommen von Vesuvian in Kalk aus der Kontaktzone mit einem Eruptivgestein von dem Monzoni in Südtirol, Cziklowa und Dognacska im Banat, Auerbach a. d. Bergstrasse. Einige russische Fundorte sind: das Flussgebiet des Wilui im östlichen Sibirien (1, 2), wo der Vesuvian mit dem Grossular (Tafel 47, 5 und 6) in einem tuffähnlichen Gestein (3) in ringsum ausgebildeten schönen Kristallen vorkommt, die Achmatow'schen Gruben im Distrikt von Slatoust im Ural, von wo die braunen Kristalle auf Chloritschiefer (16) und die grünen auf Kalk (18) stammen. Weitere Fundorte sind: Egg bei Christiansand in Norwegen (6, 8) und diesem sehr ähnlich Sandford in Maine (7), Nordamerika. Der braune Kristall (13) ist von Templeton in Ontario, Kanada, die Pyramide in Kalk von Lewis and Clarke, Co, Montana und der grosse zerfressene Kristall von Magnet Cove in Arkansas.

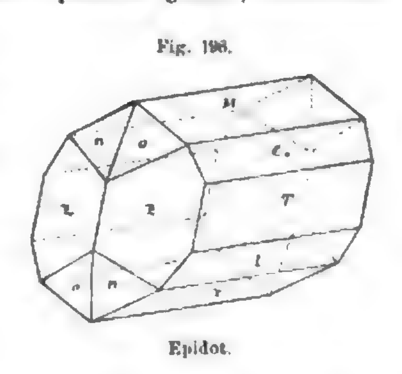
Verwendung. Vesuvian wird ausschliesslich als Edelstein verwendet und auch dies nur in sehr beschränktem Umfang, die vom Vesuv werden in Neapel, die aus dem Alatal in Turin geschliffen.

Epidot oder Pistazit.

Den Namen Pistazit führt dies Mineral wegen seiner Farbe, die der von Pistaziennüssen ähnlich ist und die es oft noch in kleinsten Körnchen erkennen lässt, wir sehen sie an dem Kristall der Figur 1 auf Tafel 50 und auf den Bruchflächen der Kristalle in Figur 5, auch die andern abgebildeten Kristalle zeigen im durchfallenden Licht diese eigentümliche Farbe, mit Ausnahme des Kristalls 8.

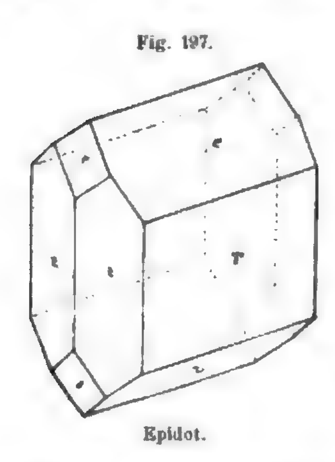
Die Kristalle gehören dem monoklinen System an und sind dadurch bemerkenswert, dass sie in der zur einzigen Symmetrieebene senkrechten Richtung langgestreckt sind, dass also die Flächen, welche der Achse *b* parallel gehen, sehr gross, die andern klein sind. Sehr ausgeprägt ist dies an dem langen Kristall der Figur 7, der hier so aufgenommen ist, dass die langen Kanten, welche der Achse *b* parallel gehen, horizontal liegen, wie es bei der üblichen Aufstellung monokliner Kristalle sein soll. Auch der gedrungene, an beiden Seiten ausgebildete Kristall der Figur 3 ist so aufgestellt, während bei den andern die Achse *b* vertikal gerichtet ist. Die Flächen, welche der Achse *b* parallel gehen, sind Schiefendflächen und bekommen ihre genauere Bezeichnung erst nach Wahl der beiden andern Achsen. Eine Uebersicht über die Flächen bekommen wir besser durch eine Zeichnung; in der Textfigur 196, die so gestellt ist, dass die Symmetrieebene schräg verläuft (es ist die zu *M*, *e*, *T*, *l* senkrechte Ebene, die als Kristallfläche nicht vorhanden ist), geht die Achse *b* den Kanten zwischen *M* und *e*, die Achse *a* der Kante zwischen *M* und *o*, die Vertikalachse *c* der Kante zwischen *T* und *z* parallel. Die Fläche *M* ist dann die Basis oP, *e* eine vordere Schiefendfläche $-P\infty$, *l* und *r* zwei hintere Schiefendflächen $2P\bar{\infty}$ und $P\bar{\infty}$, *T* das Orthopinakoid $\infty P\bar{\infty}$, *z* das Vertikalprisma ∞P, *o* das Klinodoma $P\grave{\infty}$, *n* die Pyramide *P*.

Fig. 196.



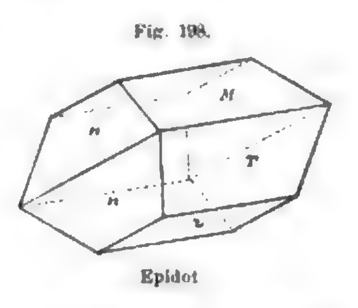
Epidot.

Fig. 197.



Epidot.

Fig. 198.



Epidot

Während die Figur einen nach der Achse *b* gestreckten Kristall vorstellt, ist die Figur 197 tafelig nach dem Orthopinakoid *T* und Figur 198 prismatisch durch Ausdehnung der Pyramidenflächen *n*, die mit Buchstaben bezeichneten Flächen haben sonst dieselbe Bedeutung wie in der Figur 196.

Die hier abgebildeten Kristalle sind nur von wenigen Flächen begrenzt, andere sind sehr flächenreich und im ganzen sind von Epidot über 220 verschiedene Flächen bekannt, die natürlich nicht alle an einem Kristall auftreten, sondern an vielen Kristallen von den verschiedenen Fundorten, besonders an den prächtigen, glänzenden Kristallen von der Knappenwand im Untersulzbachtal.

Recht häufig sind Zwillingskristalle nach dem Orthopinakoid, wobei die kleinen Flächen an den Enden einspringende Winkel miteinander bilden; in Figur 5 und 8 auf Tafel 50 sind solche Zwillinge abgebildet; auch scheinbar einfache Kristalle mit eingelagerten feinen Zwillingslamellen sind häufig.

Digitized by Google

Die Kristalle sind bisweilen zerbrochen, die einzelnen Teile gegeneinander verschoben und wieder aneinander geteilt, eine Erscheinung, die wir ja schon bei Quarz (Tafel 2a, 7) angetroffen haben. Schalenförmig gebaute Kristalle kommen bei Arendal vor, bisweilen kann man bei ihnen Kappe auf Kappe abnehmen.

An den mit pistaziengrüner Farbe durchsichtigen Kristallen erkennt man schon mit blossem Auge, dass sie dichroitisch sind, in der einen Richtung (senkrecht zur Fläche *T*) erscheinen sie braun, in einer andern grün; mit der dichroskopischen Lupe kann man in jeder Richtung den Dichroismus wahrnehmen, sobald die Kristalle genügend durchsichtig sind. Mit dem starken Dichroismus hängt es zusammen, dass man an manchen Kristallen schon bei Betrachtung mit dem blossen Auge Teile der zweiachsigen Interferenzfigur, besonders die Hyperbelbüschel (wie in Figur 4 der Tafel 9, nur viel verschwommener) mit farbigen Säumen und Ringen sehen kann, die sonst erst in einem Polarisationsapparat auftreten. Man nennt solche Kristalle idiocyclophan, weil in ihnen von selbst die Ringe erscheinen; durch die Doppelbrechung und die starke Absorption wirken sie wie ein Polarisationsapparat. Die Lichtbrechung ist mittelstark, der mittlere Brechungsexponent beträgt für grünes Licht 1,7621.

Epidot ist nach der Basis (der Fläche *M* in Figur 196) vollkommen spaltbar, weniger leicht nach dem Orthopinakoid; seine Härte ist 6—7, das spezifische Gewicht beträgt 3,3—3,5, es ist nicht konstant, weil die c h e m i s c h e Z u s a m m e n s e t z u n g wechselt. Epidot enthält Wasserstoff, Kalk, Tonerde, Eisenoxyd und Kieselsäure in nicht immer gleicher Menge, namentlich schwankt das Verhältnis von Tonerde und Eisenoxyd in weiten Grenzen und man nimmt mit G. Tschermak an, dass das Tonerdesilikat $H_2Ca_4Al_6Si_6O_{26}$, das im Zoisit für sich vorkommt, mit dem Eisensilikat $H_2Ca_4Fe_6Si_6O_{26}$ isomorph gemischt sei. Der Epidot von der Knappenwand im Untersalzbachtal enthält nach einer Analyse von Ludwig:

37,83% SiO_2, 23,43% Al_2O_3, 13,31% Fe_2O_3, 0,48% FeO, 23,47% CaO, 2,06% H_2O,

Der von Arendal enthält nach einer Analyse von Rammelsberg:

38,76% SiO_2, 20,36% Al_2O_3, 16,35% Fe_2O_3, 23,71% CaO, 0,44% MgO, 2,00% H_2O.

Gegen Säuren ist Epidot sehr widerstandsfähig, er wird erst nachdem er geschmolzen ist, von Salzsäure zersetzt. Darum verwittert er auch sehr wenig, geht vielmehr aus andern Mineralien bei deren Verwitterung hervor und verdrängt sie vollständig, wie Pseudomorphosen von ihm nach Feldspat, Granat, Hornblende und Skapolith beweisen. In diesen Neubildungen ist er meist körnig, faserig und stengelig, bisweilen aber auch schön kristallisiert, und immer ist er an der pistaziengrünen Farbe zu erkennen. Die grossen Kristalle finden sich aufgewachsen auf Gängen und Klüften in kristallinischen Schiefern, die schönsten, gegen die alle andern an Grösse, Glanz und Flächenreichtum weit zurücktreten, hat die K n a p p e n w a n d im obersten Teile des Untersulzbachtales in Salzburg geliefert, von hier stammen die in Figur 4, 5, 6 und 7 auf Tafel 50 abgebildeten Kristalle. Die Kristalle kommen auf Spalten in einem Epidotschiefer vor und sind von farblosem Apatit, feinfaserigem Asbest (in Figur 5 zu sehen), Kalkspat und einigen andern Mineralien begleitet. Das Vorkommen ist im Jahre 1866 entdeckt worden, die Ausbeute seitdem war ausserordentlich gross und die Epidotkristalle von hier sind jetzt eine Zierde jeder Sammlung. Schöne braungelbe Epidotkristalle finden sich im A l a t a l in Oberitalien, von wo der in Figur 8a und b abgebildete grosse Zwillingskristall stammt, andere alpine Fundorte sind das Z i l l e r t a l in Tirol, hier neben grünen auch rosenrote Epidotkristalle, Z e r m a t t in Wallis und B o u r g d'O i s a n s in der Dauphinée; die Kristalle von hier sind an dem Ende durch das Klinopinakoid abgestumpft und bilden, miteinander verwachsen, stengelige Aggregate, an denen das von dem Klinopinakoid begrenzte drusige Ende frei aus-

gebildet ist. Diesen sehr ähnlich sind die Kristalle aus dem Granit von Striegau in Schlesien.

Grosse, trübe, pistaziengrüne Kristalle sind bei Arendal in Norwegen auf Gängen vorgekommen, in Figur 1 und 2 sehen wir zwei Stufen von dort abgebildet. Die Kristallform ist ungefähr die der Textfigur 198, die obere Fläche entspricht der Fläche *n*, die breite vordere der Fläche *M*, die andern den Flächen *T* und *r*. Sehr regelmässig an beiden Seiten ausgebildete einfache Kristalle und Zwillinge kommen in neuerer Zeit von Sulzer, Prince of Wales Island in Alaska (Tafel 50, 3). Die grosse Fläche ist die Basis *M*, dazu treten Schiefendflächen und das Orthopinakoid, an den Seiten die Flächen eines Vertikalprismas und das Klinopinakoid. Bei den Zwillingen ist die Fläche vom Klinopinakoid federförmig gestreift. Mit diesem Epidot zusammen kommen neben andern Mineralien (Magneteisen, Granat) auch Durchkreuzungszwillinge von Quarz, ähnlich den Japanern vor. In Russland finden sich ausgezeichnete, meist zu Drusen vereinigte Kristalle auf der an schönen Mineralien so reichen Achmatowschen Grube bei Slatoust im Ural.

Ein Epidot, in dem das Eisen durch Mangan ersetzt ist, findet sich bei Saint Marcel in Piemont und heisst nach dem Fundort Piemontit. Die Kristalle haben die Form des gewöhnlichen Epidot, sind aber kirschrot bis rötlichschwarz, wenig durchsichtig und besitzen kirschroten Strich. In der Regel bildet er derbe, stengelige, von Kalkspat durchdrungene Aggregate ohne Endflächen.

Die im Epidot enthaltene, nach der Formel $H_2Ca_4Al_6Si_6O_{26}$ zusammengesetzte Kalktonerdeverbindung, die in ihm mit der Eisenverbindung gemischt ist, kommt auch für sich allein vor, kristallisiert dann rhombisch und heisst Zoisit. In der Regel bildet dies Mineral stengelige, unscheinbar grau oder gelb gefärbte Aggregate ohne Endflächen, die ein spezifisches Gewicht von 3,3 haben und sehr schwache Doppelbrechung besitzen; diese Eigenschaften dienen zu seiner Bestimmung, für das Auge bietet Zoisit sehr wenig, nur eine Varietät ist schön gefärbt, das ist der rosenrote Thulit, der in körnigen Massen mit blauem Vesuvian, dem Cyprin, in Quarz eingewachsen im Kirchspiel Souland in Telemarken vorkommt, weitere Bedeutung hat aber dieser nicht. Zoisit bildet mit grüner Hornblende (Tafel 66, 7) und braunrotem Granat das durch seine schöne Färbung ausgezeichnete, Eklogit genannte Gestein (im Fichtelgebirge und an der Saualpe in Kärnten).

Verwendung. Epidot wird im ganzen selten als Edelstein geschliffen, es eignen sich dazu besonders die durchsichtigen Kristalle von der Knappenwand, aber diese werden auch von den Sammlern gut bezahlt und der Mineraloge wird es immer bedauern, wenn Kristalle mit so schönen glänzenden Flächen geopfert werden. Die Farbe ist für einen Schmuckstein nicht günstig, der Wert nicht hoch, es sei denn, dass der Stein eine gewisse Grösse besitze und einen Liebhaber fände. Wegen der dunklen Farbe müssen die Steine recht flach sein, die günstigste Schliffform ist Treppenschnitt.

Cyanit und Andalusit.

Die beiden auf Tafel 51 abgebildeten Mineralien Cyanit (Figur 1—3) und Andalusit (Figur 7—9) haben die gleiche chemische Zusammensetzung, aber verschiedene Form und verschiedene physikalische Eigenschaften, die Verbindung ist dimorph. Sie bestehen beide aus Aluminiumsilikat und sind nach der einfachen Formel Al_2SiO_5 zusammengesetzt, enthalten also die gleichen Stoffe wie Topas, nur ist in diesem ausserdem noch Fluor enthalten.

Cyanit oder Disthen ist, wie der erste Name andeutet, meist kornblumenblau (Figur 1, 2 der Tafel 51), himmelblau, aber auch blaugrün (Figur 3), weiss und grau bis beinahe schwarz; die blaue Farbe überwiegt so sehr über die anderen, dass man sie als geradezu charakteristisch bezeichnen kann. Die Kristalle gehören dem triklinen System an und sind meist langgestreckte Säulen ohne Endflächen, ihre Form erläutert uns der grössere Kristall in der Textfigur 199. Die auch an den Kristallen vorherrschende Fläche *M* ist das vordere, *T* das seitliche Pinakoid, *P* die Basis, *o* und *l* sind schmale Prismenflächen. Zwillingsverwachsungen, bei denen die Fläche *M* Zwillingsebene ist, sind recht häufig, der lange, horizontal liegende Kristall in der Mitte von Figur 1 auf Tafel 51 ist ein solcher Zwilling, der einspringende Winkel ist deutlich zu sehen. Sehr merkwürdig sind regelmässige Verwachsungen von Cyanit mit Staurolith, wie wir eine in Figur 1 auf Tafel 51 sehen. Zunächst sehen wir den blauen Cyanit und braunen Staurolith für sich in dem Gestein liegen, der untere lange Kristall aber ist auf der rechten Seite blau, auf der linken braun, beide Mineralien sind hier miteinander verwachsen, in welcher Weise, erläutert uns die Textfigur 199. Der rhombische Staurolith (der kleinere Kristall in der Textfigur) ist so mit dem triklinen Cyanit verwachsen, dass seine Längsfläche (*b*) der Querfläche (*M*) von Cyanit parallel geht und die langen Kanten in beiden parallel sind.

Fig. 199.

Cyanit u. Staurolith regelmässig miteinander verwachsen. Nach G. Tschermak.

In physikalischer Hinsicht ist Cyanit durch den grossen Härteunterschied auf verschiedenen und sogar auf derselben Fläche ausgezeichnet, auf der Fläche *M* ist die Härte parallel der langen Kante 4—5, aber quer dazu 6—7, auf der Fläche *T* ist sie ungefähr gleich 7, also Härteunterschiede wie zwischen Flussspat und Quarz bestehen an dem einen Kristall; hierauf kann man den zweiten Namen unseres Minerals Disthen, »mit zwei Kräften begabt«, beziehen. Parallel zu der Fläche *M* sind die Kristalle sehr vollkommen spaltbar (die breiten Flächen der Figur 2 sind Spaltflächen), durch eine andere Trennbarkeit (parallel zur Endfläche) sind die Kristalle von quer verlaufenden Rissen und Streifen durchsetzt, die auf der langen Kante nahezu, aber doch nicht genau senkrecht sind. Das spezifische Gewicht beträgt 3,6. Der Dichroismus von dunkelblauem Cyanit ist recht deutlich, in der dichroskopischen Lupe erscheint das eine Bild dunkelblau, das andere hellblau.

Durch Säuren wird Cyanit nicht zersetzt, bei der Verwitterung geht er in Kaliglimmer über, ist aber in der Regel recht frisch.

Cyanit tritt in kristallinischen Schiefern auf und findet sich am schönsten im Gotthardgebiet mit Staurolith in weissem Natronglimmerschiefer (Tafel 51, 1) oder in dessen Quarzausscheidungen (Figur 2); ganz ähnlich ist das Vorkommen von Litchfield in Connecticut (Figur 3). Das Vorkommen auf den Goldseifen an der Sanárka im Südural ist dadurch interessant, dass sich unter dem tiefblauen Cyanit der seltene, ihm in der Farbe ähnliche Euklas gefunden hat. Als Gesteinsgemengteil tritt Cyanit im Granulit auf.

Verwendung. Klarer, dunkelblauer Cyanit, der aber recht selten ist, wird bisweilen als Schmuckstein getragen und führt als solcher den Namen Sapparé; das Wort soll von einem Schreibfehler (statt Saphir) herrühren, hat sich aber eingebürgert und ist heute noch in Gebrauch. Im ganzen eignet sich Cyanit wegen seiner verschiedenen und in gewissen Richtungen recht geringen Härte wenig als Schmuckstein, dazu kommt, dass er meist hell- und dunkelblau gefleckt und selten klar ist, er wird daher nur sehr wenig geschliffen.

Andalusit. In der chemischen Zusammensetzung mit Cyanit gleich, weicht Andalusit in der Form von diesem ab, seine Kristalle sind rhombisch (Tafel 51, 7), meist nur von einem Prisma und der Basis begrenzt. Die Prismenflächen schliessen einen Winkel

Digitized by Google

von 90° 48′ ein, der Querschnitt ist daher nahezu quadratisch. In der Regel sind die Kristalle trüb, undurchsichtig, grau oder rötlich und an der Oberfläche in hellen Kaliglimmer umgewandelt; klar und durchsichtig ist fast nur der als Geschiebe in den Edelsteinseifen von Brasilien vorkommende Andalusit; er ist olivengrün oder blutrot, je nach der Richtung, in der man hindurchsieht, also stark dichroitisch, in der dichroskopischen Lupe sieht man ein olivengrünes oder ölgrünes und ein dunkel blutrotes Bild, ein Dichroismus, wie er der Art und dem Grade nach ähnlich bei Alexandrit, besonders dem von Ceylon, vorkommt. Wenn es je darauf ankommt, beide Mineralien zu unterscheiden, so hilft das spezifische Gewicht, das bei Andalusit 3,1—3,2 ist, er würde also in reinem Methylenjodid schwimmen, während Alexandrit mit einem spezifischen Gewicht von über 3,6 darin untersinkt; auch ist Andalusit viel weicher (H = 7) als Alexandrit. Seine Lichtbrechung ist mittelstark, der mittlere Brechungsexponent beträgt für rotes Licht 1,638, der Glanz ist daher nicht viel stärker als der von Glas.

Eigentümlich für den in Tonschiefer eingewachsen vorkommenden Andalusit sind regelmässig eingelagerte Partien von schwarzer kohliger Substanz, die im Querschnitt in Gestalt eines Kreuzes oder eines griechischen Chi (χ) sich von der helleren Andalusitsubstanz abhebt (Tafel 51, 8 und 9) und wegen der diese Varietät den Namen Chiastolith bekommen hat. Die kohlige Substanz ist meist in der Mitte und nach den Prismenkanten angehäuft und bildet im Querschnitt ein den äusseren Flächen parallel gestelltes kleines Viereck (Figur 9) und von hier aus nach den Ecken verlaufende Linien, die sich meist an den Ecken verbreiten, oft nur sehr wenig, wie Figur 8 zeigt, oft so stark, dass dagegen die helle Andalusitsubstanz zurücktritt, wie in Figur 9, wo die eingeschlossene kohlige Substanz allmählich mit dem Tonschiefer verfliesst; im einzelnen herrscht hier recht grosse Mannigfaltigkeit, bald erscheint ein dunkles Kreuz auf hellem Grund, bald ein helles Kreuz auf dunklem Grund. Dass diese kohlige Substanz von dem Andalusit beim Wachsen aufgenommen ist, ist sicher, den Vorgang hat man in verschiedener Weise zu erklären versucht. Ich möchte mich der Ansicht von C. Hintze anschliessen und annehmen, dass bei dem schnellen Wachsen sich zuerst das an kohliger Substanz reiche Skelett gebildet habe — für sich gedacht wäre es etwa dem Schwefelkies in Figur 3 oder dem Wismuth in Figur 10 der Tafel 2 im Bau zu vergleichen — und dass die Zwischenräume darauf bei langsamerem Wachsen von reiner Andalusitsubstanz ausgefüllt seien.

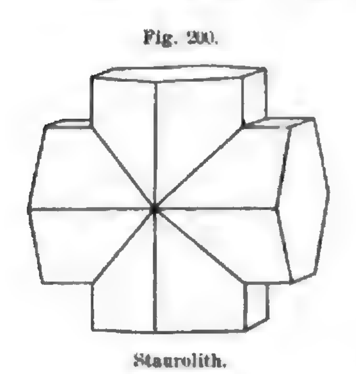
Chiastolith kommt ausschliesslich in Tonschiefer eingewachsen vor, da wo dieser sich in nahem Kontakt mit Granit oder einem ähnlichen Gestein befindet und er ist dadurch entstanden, dass der Tonschiefer nach der Eruption von Granit von heissen Lösungen durchtränkt wurde, welche einen Teil seiner Bestandteile aufgelöst und beim Erkalten als Chiastolith wieder ausgeschieden haben. Meist sind seine Kristalle nur nadelförmig dünn, selten so dick, wie die hier abgebildeten. So findet er sich klein bei Gefrees im Fichtelgebirge, in grossen Kristallen bei Lancaster in Massachusetts, von hier sind die beiden abgebildeten Stücke. Grosse Kristalle von Andalusit kommen in Quarz eingewachsen in einem Gang im Glimmerschiefer an der Lisens-Alp in Tirol (Tafel 51, 7) vor. Die vorher erwähnten klaren Geschiebe finden sich auf Edelsteinseifen am Rio dos Americanas in Minas Novas in der Provinz Minas Geraës in Brasilien.

Verwendung. Der klare Brasilianer Andalusit wird als Schmuckstein, der Chiastolith wegen der Kreuzform als Amulett getragen, von beiden habe ich in jüngster Zeit in Oberstein geschliffene Steine gesehen, hierunter den Chiastolith (er wurde mir auch als Stealith bezeichnet, das ist aber wohl ein Missverständnis des Händlers) zum erstenmal in grösserer Menge. Da jetzt trübe Steine in Ketten etc. viel getragen werden, ist auch seine Zeit wieder gekommen, sein natürliches Kreuz fällt immer besonders in die Augen.

Staurolith.

Die Kreuzform, die Chiastolith in seinem Inneren birgt, zeigt Staurolith häufig in seiner Form (Tafel 51, 5), darum hat er auch den Namen, der auf deutsch Kreuzstein bedeutet, erhalten. Diese Formen sind immer Zwillinge rhombischer Kristalle, einen einfachen Kristall sehen wir in Figur 4 der Tafel 51 abgebildet, er ist von dem Vertikalprisma und der Basis begrenzt, die Flächen des Prismas bilden einen Winkel von 129½°. Bei den Zwillingen mit rechtwinkliger Durchkreuzung haben beide Individuen die Flächen gemein, welche die Kante zwischen Basis und Brachypinakoid (Textfigur 200) abstumpfen würde und die dem Brachydoma $\frac{3}{2}P\breve{\infty}$ angehören, dessen Flächen demnach Zwillingsebene sind. Nicht immer ist die Form so einfach, wie bei dem Kristall 4; an dem grossen braunen in Figur 1 tritt zu dem Prisma an der Seite (links sichtbar) das Brachypinakoid und über der stumpfen Prismenkante liegt eine kleine Fläche des Makrodomas $P\bar{\infty}$ (rechts oben sichtbar). Neben den Zwillingen mit rechtwinkliger Durchkreuzung kommen auch solche vor, die sich schiefwinklig durchkreuzen (Tafel 51, 6), sie haben eine Fläche der Pyramide $\frac{3}{2}P\frac{3}{2}$ gemeinsam.

Fig. 200.



Staurolith.

Die Härte ist etwa gleich der von Quarz, das spezifische Gewicht schwankt zwischen 3,4 und 3,8, die Farbe ist braun, wie wir an den ausgezeichnet getroffenen Abbildungen 1, 4 und 5 der Tafel 51 sehen. Dass Staurolith mit Cyanit bisweilen regelmässig verwächst, haben wir bei diesem gesehen, in dem Prachtstück der Figur 1 ist diese Verwachsung an dem untern langen Kristall zu erkennen.

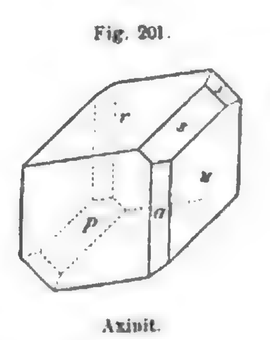
Die chemische Zusammensetzung ist recht kompliziert und schwankend, das Mineral enthält um 30 % Kieselsäure, 50 % Tonerde, 12 % Eisenoxydul, dazu Magnesia, Eisenoxyd und Wasser, eine einwandfreie Formel kann noch nicht aufgestellt werden. Von Säuren wird es so gut wie gar nicht angegriffen.

Staurolith kommt hauptsächlich in Gneiss und Glimmerschiefer eingewachsen vor. Aus diesem herausgewittert finden sich die Kristalle lose im Boden verbreitet in der Bretagne (Figur 4 und 5), und ebenso in Fannin County in Nordamerika (Figur 6); in weissem Natronglimmerschiefer kommen sie mit Cyanit im Gebiete des St. Gotthard vor (Figur 1), die andern Vorkommen stehen diesen gegenüber sehr zurück.

Axinit.

Dies Mineral hat seinen Namen bekommen wegen der an ein Beil (ἀξίνη) erinnernden scharfen Form seiner Kristalle. An ihnen schneiden sich alle Flächen und alle Kanten unter schiefen Winkeln, sie gehören demnach in das trikline System und man kann die Flächen deuten wie man will. In der Textfigur 201 kann man z. B. die Fläche *p* als linkes, *u* als rechtes Vertikalprisma ansehen, *a* als Makropinakoid, *s* als Makrodoma, *r* und *x* als Pyramidenflächen, ich könnte aber auch sagen, *p* soll Makropinakoid, *u* Brachypinakoid, *a* rechtes Vertikalprisma, *r* die Basis, *s* ein Brachydoma

Fig. 201.



Axinit.

Digitized by Google

und x eine Pyramide sein. Die Vorschläge, die von den Kristallographen zur Aufstellung der Kristalle gemacht sind, gehen darauf aus, den Flächen möglichst einfache Zeichen zu geben, weichen aber oft untereinander ab, wenn mehrere Aufstellungen gleichberechtigt sind.

Die Farbe, die in Figur 10 der Tafel 51 recht gut getroffen ist, ist nelkenbraun, bräunlichviolett, aber auch perlgrau und pflaumenblau, der Glanz lebhafter Glasglanz; bisweilen sind die Kristalle mit Chlorit bestäubt und dann weniger durchsichtig, matt und blaugrün (11, 12). Besonders stark ist bei Axinit der Dichroismus, und die verschiedenen Farbentöne, die aus der Figur 10 herausleuchten, beruhen zum Teil hierauf. Je nach der Richtung, in der man durch einen Kristall hindurchsieht, erscheinen die Bilder in der dichroskopischen Lupe zimmtbraun und olivengrün oder violblau.

Die Härte ist 6—7, das spezifische Gewicht 3,3. Das Mineral lässt sich ziemlich leicht schmelzen und färbt hierbei die Flamme schwach grün, es gibt sich hierdurch ein Gehalt an Bor zu erkennen. Die chemische Zusammensetzung ist wieder recht kompliziert, der Axinit von Bourg d'Oisans enthält 41,5 % Kieselsäure, 4,6 % Borsäure, 17,9 % Tonerde, 3,9 % Eisenoxyd, 4,0 % Eisenoxydul, 3,8 % Manganoxydul, 21,7 % Kalk, 0,7 % Magnesia und 2,2 % Wasser, man kann die Zusammensetzung durch die Formel: $H(Ca, Fe, Mn)_3 Al_2 B Si_4 O_{16}$ ausdrücken.

Axinit findet sich besonders auf Klüften von Diabas und Hornblendeschiefer; der älteste bekannte Fundort ist Bourg d'Oisans im Dauphiné, von hier ist die in Figur 10 abgebildete Stufe. Die beiden isolierten, mit Chlorit bestäubten Kristalle stammen aus der Schweiz, vom Piz Valatscha am Scopi in Graubünden (11) und vom Mte. Prosa am Gotthard, nördlich von dem Hospiz (12). Andere bekannte Fundorte sind Treseburg im Harz, Thum in Sachsen, Botallak bei St. Just in Cornwall, Kongsberg in Norwegen etc.

Verwendung. Klare Kristalle werden bisweilen als Schmuckstein geschliffen, man findet sie aber doch nur sehr selten im Handel. Sie lassen sich an ihrer eigentümlich braunen Farbe und ihrem Dichroismus leicht von allen andern braunen Steinen unterscheiden.

Lasurstein.

Lasurstein oder Lapis lazuli ist ein durch blaue Farbe ausgezeichneter, nahezu undurchsichtiger Stein; am reinsten ist seine Farbe in den allerdings sehr seltenen Kristallen, von denen wir einen der schönsten in den beiden Abbildungen Figur 11a und b auf Tafel 62 vorführen. Es ist ein reguläres Rhombendodekaeder mit Oktaeder und sehr schmalen Flächen des Ikositetraeders 2O2, ein durch Grösse und Form gleich ausgezeichneter Kristall. Sonst tritt Lasurstein immer in unregelmässig eckigen Körnern mit andern Mineralien gemengt auf, bald so, dass Lasurstein, bald so, dass eins der andern Mineralien überwiegt, ein ganz typisches Stück ist in Figur 12 der Tafel 62 abgebildet; die blauen Partien sind Lasurstein, die weissen und braunen sind Kalk, der mit dem Lasurstein innig gemischt ist, das weisse ist reiner Kalk, das braune durch Brauneisen gefärbter Kalk, die gelben metallischen Punkte sind Körner von Schwefelkies, die zum Teil in Brauneisen umgewandelt sind und eben hierdurch den Kalk braun gefärbt haben. Die beste Farbe von Lasurstein ist die dunkelblaue, wie in den hier abgebildeten Stücken, und der Stein ist wieder um so besser, je weniger braune und weisse Stellen er enthält; von diesem Gesichtspunkt aus ist das abgebildete Stück nicht als feinste Art zu bezeichnen, aber ich habe gerade dieses gewählt, weil es für Lasurstein so recht charakteristisch ist. Andere Arten sind heller blau, bei manchen geht die Farbe auch ins rötlichviolette, andere sind grün, aber nur die dunkelblaue Farbe ist beliebt. Diese blaue Farbe bleibt auch erhalten,

wenn das Mineral gepulvert ist und es ist möglich, aus dem feinen Pulver das blaue Mineral durch Schlämmen oder auf anderem Wege recht rein abzuscheiden; es bildet ein tief dunkelblaues Pulver, das unter dem Namen *Ultramarin* als Farbe benutzt wurde, ehe man diesen Farbstoff aus seinen Bestandteilen künstlich herstellen konnte. Zum Unterschied gegen Lasurstein, unter dem man im engern Sinn das oben beschriebene Mineralgemenge versteht, wird dieses reine Pulver auch *Lasurit* genannt; die Kristalle wären dann gleichfalls als Lasurit zu bezeichnen.

Recht eigenartig ist das chemische Verhalten und kompliziert die chemische Zusammensetzung des Minerals. Dass es mit Salzsäure aufbraust, ist nicht zu verwundern, da es ja mit kohlensaurem Kalk gemengt ist, aus dem die Kohlensäure durch Salzsäure ausgetrieben wird, auffallend aber ist, dass sich dabei zugleich übelriechender Schwefelwasserstoff entwickelt. Von dem Schwefelkies kann er nicht herrühren, denn dieser wird durch Salzsäure nicht zersetzt, er kann nur aus dem Lasurstein stammen. Zugleich wird das Pulver entfärbt und Kieselgallerte aus ihm ausgeschieden, es ist also ein schwefelhaltiges Silikat. Nach den sorgfältigen Untersuchungen von W. C. Brögger und H. Bäckström ist es sehr wahrscheinlich, dass in dem reinen blauen Lasurit immer noch eine Mischung verschiedener, einander nahe verwandter Verbindungen vorliegt und dass die färbende Verbindung dieselbe ist, wie in dem blauen, künstlichen Ultramarin, sie wäre nach der Formel $Na_4[Al\cdot(S_3Na)]Al_2Si_3O_{12}$ zusammengesetzt und 15,7 Moleküle dieser Verbinduug wären mit 7,4 Molekülen Sodalith und 76,9 Molekülen Hauyn isomorph gemischt. Jedenfalls ist Lasurstein mit den beiden genannten Mineralien sehr nahe verwandt, wir haben ihn daher mit diesen zusammen auf einer Tafel (62) vereinigt, wir sehen da, dass er dieselbe Form hat wie Sodalit (Figur 8) und dieselbe, wenn auch dunklere Farbe hat wie Hauyn (Figur 10). Diese Mineralien werden wir erst später kennen lernen, weil sie als gesteinsbildende Mineralien eine Rolle spielen; Lasurstein haben wir hier beschrieben. weil er als Edelstein verwendet wird, was bei den andern nicht der Fall ist.

Dass Lasurstein mit Kalk gemengt ist, hängt mit seiner Entstehung zusammen, er ist aus einem Kalkstein, der vielleicht von Haus aus natronreich gewesen ist, dadurch entstanden, dass dieser durch ein in seiner Nähe hervorgebrochenes Eruptivgestein umgewandelt wurde. Wasserdämpfe und Schwefelverbindungen, welche die Eruption begleiteten, haben bei hoher Temperatur den Kalkstein durchdrungen und den Lasurstein aus ihm erzeugt, seine Entstehungsweise hat mit der Fabrikation von Ultramarin eine gewisse Aehnlichkeit, dieselben Stoffe werden dabei verwendet und im glühenden Ofen wird das Ultramarin aus ihnen dargestellt. Lasurstein ist demnach, wie vieler Kalktongranat, ein Kontaktmineral.

Das spezifische Gewicht des gemengten Lasursteins ist natürlich schwankend, an möglichst reinem Stein beträgt es etwa 2,5; an dem hier abgebildeten Kristall habe ich es zu 2,516, an einem kleinen, dem mineralogischen Institut in Giessen gehörenden Kristall zu 2,51 bestimmt; die Kristalle selbst waren rein, nur an einer Stelle war an jedem ein Körnchen Diopsid und Kalkspat angewachsen. Die Kristalle sollen Spaltbarkeit nach den Flächen des Rhombendodekaeders besitzen, an dem eben erwähnten kleinen Kristall befinden sich zwei verhältnismässig grosse glatte Trennungsflächen, die die Lage von Flächen des Ikositetraeders $2O2$ haben. Die Härte von Lasurstein liegt zwischen der von Apatit und Feldspat.

Lasurstein ist im ganzen ein recht seltenes Mineral; der als Schmuckstein brauchbare findet sich in noch wenig durchforschten Gegenden Asiens. Die wichtigsten Gruben liegen im *Badakschan*, im Quellgebiet des Koktscha, eines Nebenflusses des Oxus im nordöstlichen Gebiet von Afghanistan. Die Steine werden von hier über Buchara nach Russland oder nach China und Persien ausgeführt und gelangen von hier aus weiter in

den Handel, darum werden diese Länder selbst manchmal als Fundorte für Lasurstein angegeben, es soll aber keiner dort vorkommen. Es kommt ja oft vor, dass der Ort, aus dem eine Ware exportiert wird, für dessen Heimat gilt, wir haben dies schon bei den sirischen Granaten und dem Sarder gesehen und dies gilt auch für Lasurstein. Auch aus Indien wird über Bombay Lasurstein exportiert, was ich davon gesehen habe, war recht geringwertig, den Fundort habe ich nicht weiter ermitteln können. Andere Fundorte liegen am Baikalsee, das reichste Lager an der Bistraja, wo Knollen von Lapis lazuli bis zu 50 kg Gewicht gefunden worden sind. Er ist blau, aber auch violett und grün und enthält weniger Schwefelkies eingesprengt als der von Badakschan. Vorkommen von Lasurstein in Chile oder gar am Vesuv und im Albaner Gebirge sind diesen gegenüber durchaus geringfügig. An den beiden zuletzt genannten Orten kommt er überhaupt nur als grosse Seltenheit vor.

Verwendung. Lasurstein wird meist eben geschliffen und als Ring- und Nadelstein oder in kleinen Kugeln als Kette getragen. In grösserem Umfang werden mit Lasurstein, ähnlich wie mit Achat, kleinere Ziergegenstände belegt, so Messergriffe, Schreibzeuge, Briefbeschwerer und ähnliche Sachen; ferner wird er zu kleinen und grossen Mosaikarbeiten benutzt, in Fürstenschlössern sind manchmal Decken und Wände, in Kirchen Säulen mit Lasurstein bekleidet.

Schon im frühen Altertum ist Lasurstein als Schmuckstein getragen worden, wie die Funde in den Trümmern des alten Troja beweisen (Seite 197), zur Gravierung ist er selten benutzt worden, da er sich wegen seiner ungleichmässigen Beschaffenheit hierzu wenig eignet. Sein Name hat mehrfach gewechselt, die Griechen nannten ihn Kyanos, ein Name, der heute für den blauen Cyanit vergeben ist; später hiess er Sapphir »in den blauen Sapphiren leuchtet Gold in Punkten, er gleicht dem heitern Himmel, aber wegen der Goldpunkte dem mit Sternen geschmückten« so heisst es bei Plinius; die Goldpunkte sind die eingesprengten Körnchen von Schwefelkies. Der Name Lapis lazuli ist erst im Mittelalter aufgekommen.

Der blau gefärbte Achat wird wohl manchmal als Lasurstein verkauft, man muss den Unterschied auf den ersten Blick erkennen. Achat hat ein viel dichteres Gefüge, ist durchscheinend, erheblich härter, hat splittrigen Bruch, eine Verwechslung ist für den Kundigen ganz ausgeschlossen, Unkundige, besonders an Badeorten, werden wohl manchmal mit der Fälschung beglückt.

Dass aus Lasurstein früher Ultramarin gewonnen wurde, haben wir bereits gesehen.

Türkis.

Wie Lasurstein ist auch Türkis oder Kallait ein undurschsichtiger Stein, dessen Wert nur von seiner Farbe abhängt; sie ist rein himmelblau (Tafel 82, 10—12), blaugrün und grün. Das Mineral ist vollkommen dicht, eigene Form hat man an ihm niemals beobachtet, höchstens bildet er kleintraubige Ueberzüge, meist füllt er in dünnen Adern schmale Spalten und Klüfte im Gestein, ist also in dieser Beziehung dem Edelopal sehr ähnlich. Er hat einen eigenartigen zarten wachsartigen Glanz, ist in dickeren Stücken undurchsichtig, erst in mikroskopisch dünnen Blättchen wird er durchsichtig und man erkennt dann bei starken Vergrösserungen, dass er aus feinsten Körnchen und Schüppchen zusammengesetzt ist.

Die Farbe von Türkis verliert bei Lampenlicht nichts von ihrer Schönheit, dagegen ist sie oft nicht lichtbeständig und nie feuerbeständig, oft verblasst Türkis schon, wenn er lange Zeit dem Sonnenlicht ausgesetzt war, in der Glühhitze vor dem Lötrohre wird

er schwarz und zerfällt ohne zu schmelzen in ein lockeres Pulver; hierdurch unterscheidet sich echter Türkis von sehr ähnlichen Imitationen, die in der Glühhitze schmelzen. Bringt man ein Splitterchen in die nichtleuchtende Flamme eines Bunsenbrenners, so färbt es diese grün, weil Türkis Phosphorsäure und etwas Kupfer enthält, die zusammen der Flamme grüne Färbung erteilen. Nach seiner chemischen Zusammensetzung steht Türkis einzig unter den Edelsteinen da, es ist ein phosphorsaures Salz, in der Hauptsache wasserhaltige phosphorsaure Tonerde mit ein wenig Kupfer (2—7% Kupferoxyd), das wahrscheinlich als phosphorsaures Kupfer darin enthalten ist. Türkis aus Persien enthält 29,4% Phosphorsäure, 42,2% Tonerde, 4,5% Eisenoxydul, 5,1% Kupferoxyd und 18,6% Wasser.

Die Härte von Türkis ist 6, das spezifische Gewicht beträgt 2,6—2,8.

Die wichtigsten Fundorte von Türkis liegen in Persien zwischen Nischapur und Meschhed; der Türkis tritt hier in einem verwitterten Porphyrgestein auf und wird seit alten Zeiten bergmännisch daraus gewonnen. Ausser im anstehenden Fels findet er sich als Geschiebe in den Schuttmassen der Wasserläufe. Gleichfalls alte Türkisgruben liegen im Megarahtal auf der Halbinsel Sinai, ein schönes von Oskar Fraas von dort mitgebrachtes Stück sehen wir in Figur 10 der Tafel 82. Der Türkis tritt hier im sogenannten Nubischen Sandstein, am Berge Serbâl wieder in einem Porphyr auf. In dem Megarahtal sollen die Aegypter schon im vierten Jahrtausend vor Chr. Türkis gegraben haben, gegenwärtig wird er hier von dem Egyptian Development Syndicate gewonnen. Recht guter Türkis kommt aus dem Columbusdistrikt in Nevada (Tafel 82, 11), aus Cochise County und von Mineral Park in Mohave Co. in Arizona und von mehreren Orten in Neu-Mexiko (Tafel 82, 12), besonders aus der weiteren Umgegend von Santa Fé. Grüner, als Schmuckstein wertloser Türkis kommt auf Adern in Kieselschiefer bei Jordansmühl in Schlesien vor.

Verwendung. Türkis ist seit alten Zeiten bei zivilisierten und unzivilisierten Völkern wegen seiner lieblichen himmelblauen Farbe als Schmuckstein sehr beliebt. Er wird wie Opal mugelig geschliffen, einzelne grössere Steine werden mit kleinen Brillanten umgeben und besonders als Nadelstein getragen, kleine Steine werden oft in der Fassung dicht aneinander gereiht, damit ihre Farbe besser zur Wirkung kommt. Zu Gemmen ist Türkis besonders in augusteischer Zeit verwendet worden, auffallenderweise aber hauptsächlich grüner Türkis, und schon damals wurde er durch Glasflüsse nachgemacht. Auch heute ist manches, was als Türkis verkauft wird, nichts anderes als wertloser Glasfluss, bei aufmerksamer Betrachtung erkennt man diesen an seinem Glanz und, wenn man ein Stückchen absprengen kann, an seiner grösseren Durchsichtigkeit. Viel täuschender sind die aus einer dichten blauen Masse gepressten Steine nachgemacht und man kann sie kaum anders als durch Prüfung vor dem Lötrohr als unecht erkennen, wobei sie schmelzen, während echter Türkis zu schwarzem Pulver zerfällt.

Ferner wird dem echten Türkis bisweilen sogenannter Zahntürkis oder Odontolith untergeschoben, das sind Zähne vorweltlicher Tiere (Mastodon), die in der Erde durch phosphorsaures Eisen blau gefärbt sind; sie sind besonders bei Simone in Frankreich gefunden worden. Sie lassen sich von echtem Türkis durch mancherlei Merkmale unterscheiden, bei Lampenlicht werden sie unscheinbar grau — sind schon darum viel weniger wertvoll —, mit Salzsäure brausen sie auf, weil sie Kohlensäure enthalten, beim Erhitzen riechen sie brenzlich, weil sie noch organische Substanz enthalten.

Der Wert von Türkis hängt von seiner Farbe und Grösse ab, die Farbe muss rein himmelblau sein, grüner und grünblauer Türkis sind jetzt sehr wenig beliebt. Bei gleicher guter Farbe steigt der Preis sehr mit der Grösse, ein Stein von einem Karat soll schon 50 Mark kosten, grössere Steine sind recht teuer.

Variscit. Dem grünen Türkis ist äusserlich das Variscit genannte Mineral sehr ähnlich, von dem wir ein Stück in Figur 13 der Tafel 82 abgebildet sehen. Es ist gleichfalls dicht und besitzt schön smaragd- bis spangrüne Farbe. Seine Zusammensetzung kann durch die einfache Formel $AlPO_4 \cdot 2H_2O$ ausgedrückt werden, ihr entspricht ein Gehalt von 44,9% Phosphorsäure, 32,3% Tonerde und 22,8% Wasser, daneben enthält er etwas Eisenoxyd und Chromoxyd, sicher die färbende Substanz des Minerals. Es tritt wie Türkis in Adern und Spalten von Kieselschiefer oder Quarz auf und findet sich so bei Messbach, unfern Plauen im Vogtland und in Montgomery County in Arkansas; als Fundort für das hier abgebildete Stück ist der Ostabhang der Rocky Mountains in Nordamerika angegeben.

Die Mineralien der Quarzgruppe.

Von allen Mineralien ist der Quarz das häufigste und verbreitetste, er nimmt an der Zusammensetzung vieler Gesteine und damit an dem Aufbau der festen Erdkruste wesentlichen Anteil, durch die Verwitterung der Gesteine und dank seiner eigenen Widerstandsfähigkeit ist er über die ganze Oberfläche verbreitet und fast in jedem Boden zu finden, in manchem nur spärlich, in anderm in überwiegender Menge; die Gesteine, welche die höchsten Spitzen der Alpen krönen, enthalten Quarz, und die Dünen, welche unsere Küsten umsäumen, bestehen fast ganz aus losem Quarzsand.

Klar wie Wasser und Eis findet er sich in der Region des ewigen Schnees, kein Wunder, dass die Alten glaubten, es sei Eis, das durch lang dauernde Kälte völlig erstarrt sei, und nun nicht mehr zu Wasser werden könne. Kristallos nannten die Alten das Eis und den eisklaren Quarz, und Bergkristall nennen wir den Kristall aus den Bergen, den völlig farblosen durchsichtigen Quarz. Gross ist die Zahl der Varietäten, die von Quarz nach Farbe, Durchsichtigkeit und Gefüge unterschieden werden, die Namen waren da, lange bevor man wusste, dass alle diese Steine nach ihrer Zusammensetzung und physikalischen Eigenschaften zu dem gleichen Mineral gehören, und man hat sie beibehalten in richtiger Würdigung der Rolle, welche diese Steine als Schmucksteine von jeher gespielt haben. Bergkristall ist der farblose durchsichtige Quarz, Rauchtopas ist der braune durchsichtige, Amethyst der violette Quarz, daneben gibt es noch manche andere Namen für die gelben Varietäten; gemeiner Quarz endlich ist trüb und nur wenig durchsichtig.

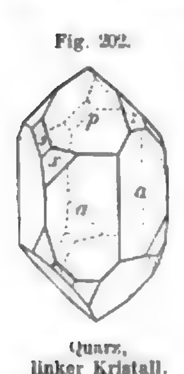
Die Substanz von Quarz ist Kieselsäure oder genauer Siliciumdioxyd, SiO_2 im reinsten Zustand, eine Substanz, die in der Form von Quarz am häufigsten auftritt, die aber auch in anderer Form auftreten kann. Als Quarz nimmt sie bei freier Ausbildung prismatische oder pyramidale Gestalt und die physikalischen Eigenschaften an, die wir später kennen lernen, als Tridymit, der viel seltener als Quarz ist, bildet sie dünntafelige Kriställchen, als Chalcedon feinfaserige traubige, nierenförmige, tropfsteinähnliche Gestalten, als Opal völlig strukturlose, amorphe Massen, die immer einen wechselnden Wassergehalt besitzen. Quarz, Chalcedon und Opal liefern in vielen Varietäten die meisten Halbedelsteine, Tridymit hat für uns nur insofern Interesse, als er uns zeigt, dass Kieselsäure in zwei gänzlich verschiedenen Formen zu kristallisieren vermag.

Bei Betrachtung dieser Mineralien wollen wir uns zunächst mit ihren allgemeinen Eigenschaften, bei Quarz besonders mit seiner Form bekannt machen, darauf gehen wir zur Besprechung der Varietäten über.

Quarz und seine Varietäten.

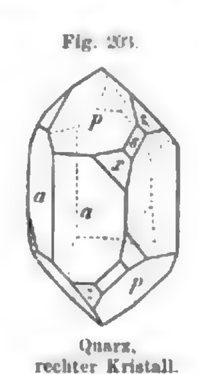
Die Gestalt, in der uns Quarz entgegentritt, steht mit seiner Durchsichtigkeit und Färbung in gewisser Beziehung, sie ist am einfachsten bei dem trüben gemeinen Quarz, am flächenreichsten bei dem wasserhellen Bergkristall und dem braunen Rauchtopas, nach ihrem inneren Bau am verwickelsten bei dem violetten Amethyst. Die einfachste Form ist die einer hexagonalen Pyramide (Tafel 52, Figuren 1, 5 und 6), deren Flächen sich in den Endkanten unter einem Winkel von 133° 44′ schneiden; mit ihr ist fast immer das Prisma der ersten Stellung kombiniert, dessen Flächen bald breit und lang (Tafel 52, 3 und 9), bald schmal sind (Tafel 52, 4 und 8), und die sehr oft senkrecht zur Säulenkante gestreift sind (Tafel 54, 1), so dass die Streifung bei aufrechter Stellung des Kristalls horizontal verläuft; sie dient zur Orientierung an den oft stark verzerrten Kristallen. Die Flächen der Pyramide sind oft verschieden gross (Tafel 54, 1), drei grösser, auch wohl glänzender als die drei andern damit abwechselnden, und die genauere Untersuchung ergibt, dass sie auch physikalisch verschieden sind, so dass die scheinbare Pyramide als Kombination eines positiven und negativen Rhomboeders $+R$ und $-R$ zu betrachten ist, das Prisma bekäme dann das Zeichen ∞R (Tafel 54, 1). Der Winkel von einer Fläche des Rhomboeders zu einer andern des gleichen Rhomboeders beträgt 94° 15′. Zu diesen Flächen treten bisweilen noch andere gerade über den Kanten des Prismas (Tafel 54, 5 und 6), die man wegen ihres rhombischen Umrisses Rhombenflächen nennt; sie haben die Lage einer Pyramide der zweiten Stellung, treten aber an einem vollständig gedachten Kristall nur oben und unten an einer Kante auf, an den benachbarten nicht; für sich würden sie eine dreiflächige (trigonale) Doppelpyramide bilden. Sie sind in der Textfigur 202 und 203 mit dem Buchstaben s bezeichnet. Zu diesen Rhombenflächen treten noch andere Flächen hinzu (Tafel 54, 2 und 3), die wegen ihres trapezförmigen Umrisses Trapezflächen genannt werden, und die schief über einer Prismenfläche und unter einer Rhomboederfläche liegen. Sie sind in den Textfiguren 202 und 203 mit x bezeichnet und haben die Lage von Flächen der zwölfseitigen Doppelpyramide, aber nur der vierte Teil ist vorhanden, und die Flächen sind an einem vollständigen Kristall so verteilt, dass sie wie in den Textfiguren oben und unten an einer Kante auftreten, an den rechts und links benachbarten aber fehlen. Quarz gehört daher in eine viertelflächige oder tetartoedrische Abteilung des hexagonalen Systems, die als die trapezoedrische Tetartoedrie bezeichnet wird, weil die Trapezflächen x für sich allein ein Trapezoeder bilden würden. Die Naumannschen Zeichen für die an den Textfiguren vorhandenen Flächen sind: für das Prisma $a = \infty R$, das eine Rhomboeder $p = +R$, das andere $z = -R$, die Rhombenfläche $s = \frac{2P2}{4}$ und die Trapezfläche $x = \frac{6P\frac{6}{5}}{4}$, und dies sind überhaupt die Flächen, welche an Bergkristall und Rauchtopas am häufigsten auftreten. Dazu treten noch steilere Rhomboederflächen auf, wie an dem Kristall in Figur 3 der Tafel 54, oder auch wohl noch eine andere Trapezfläche, wie an dem Kristall der Figur 2, aber diese Flächen treten gegen die andern doch immer zurück.

Fig. 202.



Quarz, linker Kristall.

Fig. 203.



Quarz, rechter Kristall.

Die Trapezflächen treten immer (Ausnahmen hiervon sind so selten, dass wir sie hier übergehen können) unter dem positiven Rhomboeder auf und liegen bald rechts, bald

Digitized by Google

links oben an einer Prismenfläche und man unterscheidet hiernach rechte und linke Kristalle, ein rechter ist der auf Tafel 54 in Figur 2 und Textfigur 203, ein linker der auf Tafel 54 in Figur 3 und Textfigur 202 abgebildete Kristall. Der eine verhält sich zum andern wie die rechte Hand zur linken, beide können durch Drehung nicht zur Deckung gebracht werden, die Gestalt des einen ist das Spiegelbild des andern. Mit dieser Form steht, wie hier schon bemerkt sein mag, eine optische Eigenschaft in naher Beziehung, die rechten Kristalle drehen die Ebene des polarisierten Lichtes nach rechts, die linken nach links.

Die Form von Quarz erleidet durch ungleiche Ausdehnung der von Natur gleichen Flächen sehr mannigfache Verzerrung, durch nicht vollkommene parallele Verwachsung der kleinsten Teilchen eigenartige Verdrehung, wir haben diese schon im allgemeinen Teil geschildert (Seite 38 und Tafel 2a) und können hier darauf verweisen. Hierzu kommt, dass mancher Quarz aus vielen, übereinander liegenden Schichten aufgebaut ist, die immer eine, wenn auch noch so geringe Störung während des Wachsens andeuten. Dieser Schalenbau beruht zum Teil darauf, dass die eine Schicht dichter, reiner und klarer ist als die andere (Tafel 52, 11), zum Teil darauf, dass zwischen den einzelnen Schichten dünne Lagen sich einschieben, die an feinsten Luftporen reich und dadurch weiss wie Schnee sind; dies ist der Fall bei dem in Figur 204 abgebildeten Kristall; wir unterscheiden da etwa zwölf Schichten, die wie Schnee in klarem Eis eingebettet sind, es ist gar nicht möglich, die wundervolle Klarheit, Reinheit und Zartheit im Bilde wiederzugeben. Der Kristall ist auf schwarzem Hintergrund photographiert, erscheint daher dunkel da, wo er vollkommen durchsichtig ist; die vielen, parallel übereinander liegenden weissen Schichten sieht man auf der rechten Seite, es sieht aus als ob schwarze und weisse Duten ineinander gesteckt seien. Bei anderen Kristallen tritt der innere Schichtenbau dadurch hervor, dass die ehemalige Oberfläche mit Chlorit oder einer andern fremden Substanz bestäubt wurde; in diesem Fall ist der Zusammenhang der einzelnen Schalen bisweilen so gering, dass die eine von der andern sich abheben lässt (Tafel 52, 12a und b), man nennt solchen Quarz Kappenquarz. Eine andere Art des inneren Schichtenbaues gibt sich erst bei genauerer Untersuchung im polarisierten Licht zu erkennen und besteht darin, dass rechtsdrehende und linksdrehende Schichten in vielfacher Wiederholung miteinander abwechseln; sie ist bei Amethyst die Regel, ohne den andern Varietäten völlig zu fehlen, wahrscheinlich wechselt auch in dem in Figur 204 abgebildeten Kristall von Schicht zu Schicht der Sinn der Drehung.

Fig. 204.

Bergkristall mit innerem Schichtenbau aus Goyaz in Brasilien.

Die Mannigfaltigkeit in der Formenausbildung von Quarz wird durch besondere regelmässige Verwachsungen,

Digitized by Google

durch Zwillingsbildung noch vermehrt. Die meisten Kristalle, welche als Zwillinge gelten, sehen nicht wie solche aus, einspringende Winkel fehlen, nur an der Flächenbeschaffenheit und Flächenverteilung sind sie zu erkennen, andere, die aber viel seltener sind, stellen sich deutlich als Zwillinge dar. Wir haben auf Tafel 53 alle Arten von Zwillingen abgebildet. In Figur 1 ist die Zwillingsbildung nur daran zu erkennen, dass auf derselben Rhomboederfläche glänzende und matte Stellen auftreten. Wir können uns vorstellen, dass an einem Kristall die Flächen des einen Rhomboeders (etwa $+R$) glänzend, die des andern (etwa $-R$) matt seien; zwei solcher Kristalle sind nun bei parallelen Achsen so durcheinander hindurchgewachsen, dass der eine gegen den andern um 180° um die Hauptachse gedreht ist und beide sich völlig durchdringen. Die matte Rhomboederfläche des einen fällt dann mit der glänzenden des andern Individuums zusammen und Teile beider sind im Bezirk je einer Fläche vorhanden. An den Kanten grenzen immer ungleiche Stellen aneinander, glänzende Stellen der einen an matte Stellen der benachbarten Rhomboederflächen. Wenn von den beiden Rhomboedern das eine ($+R$) entschieden vorherrscht, dann kommen durch diese Zwillingsverwachsung echte Durchkreuzungszwillinge zustande, indem die Ecken des einen Individuums aus den Rhomboederflächen des andern herausragen. An andern Kristallen ist die Zwillingsverwachsung daran zu erkennen, dass die Rhombenflächen oder die Trapezflächen an zwei benachbarten Kanten auftreten, während sie an einem einfachen Kristall nur an den abwechselnden Kanten auftreten dürfen. In dem Kristall der Figur 2 auf Tafel 53 sind zwei rechte Kristalle miteinander verwachsen, in dem der Figur 3 zwei linke, in dem der Figur 4 aber ein rechter mit einem linken, da die Trapezflächen rechts und links über einer Prismenfläche liegen. Während Zwillinge wie in den Figuren 2 und 3 sehr häufig sind, gehören die letzteren in deutlicher Ausbildung zu den grössten Seltenheiten, es gibt gewiss nur wenige Sammlungen, die ein so gutes Exemplar besitzen, wie das hier abgebildete aus der Sammlung des Herrn Gustav Seligmann in Coblenz. Da diese Verwachsung an dem Amethyst aus Brasilien vorkommt, werden die Kristalle Brasilianer Zwillinge genannt; tatsächlich ist sie an Amethyst sehr häufig, aber nicht so, dass sie an der Verteilung der Trapezflächen erkannt werden könnte, sondern so versteckt, dass sie nur aus dem optischen Verhalten erschlossen werden kann. In allen diesen Zwillingen sind die Achsen der miteinander verwachsenen Individuen parallel, die Kristalle sehen daher nicht wie Zwillinge aus; in den Kristallen der Figuren 5 und 6 sind die Individuen mit nicht parallelen Achsen verwachsen. Die Hauptachsen beider bilden einen Winkel von 84° 33′ miteinander, wovon man sich an der Figur 5 schon mit einem Anlegegoniometer oder einem Transporteur überzeugen kann. Die Kristalle sind nach einer Fläche der Pyramide der zweiten Stellung $P2$ miteinander verwachsen, dabei kann jeder einzelne wieder ein Zwilling nach einem der vorher genannten Gesetze sein. Solche Zwillinge sind schon seit langem von Bourg d'Oisans bekannt, sind aber dort selten; der Kristall der Figur 5 stammt von hier. In neuerer Zeit kommen grosse derartige Zwillinge aus Japan (Tafel 53, 6 und Tafel 54, 12), kleine kennt man von Munzig in Sachsen, wo sie mit Arsenkies, und aus Alaska, wo sie mit Epidot zusammen vorkommen.

Auch in seinen physikalischen Eigenschaften bietet der Quarz manches Bemerkenswerte, wir haben seine Zirkularpolarisation schon erwähnt. Wenn man aus einem klaren Kristall eine Platte senkrecht zur Säulenkante herausschneiden lässt und in dem Polarisationsapparat für paralleles Licht untersucht, so erscheint sie bei gekreuzten Polarisationsebenen nicht dunkel, sondern einheitlich farbig (vergl. Seite 55) und die Farbe ändert sich, wenn ich das obere Nicolsche Prisma drehe; aus der Reihenfolge der auftretenden Farben kann ich den Sinn der Drehung erkennen; zeigt die Platte z. B. rote Farbe, so muss ich bei einer rechtsdrehenden Platte das obere Nicolsche Prisma nach

Digitized by Google

rechts (im Sinne des Uhrzeigers) drehen, bei einer linksdrehenden aber nach links, wenn die Farben in der Reihenfolge des Spektrums rot, gelb, grün, blau sich folgen sollen. Drehe ich das obere Nicolsche Prisma nur nach rechts, so folgt in einer linksdrehenden Platte auf rot, blau, grün, gelb, in einer rechtsdrehenden auf rot, gelb, grün, blau. Bei einem Zwilling von einem rechten und linken Kristall ändert sich die Farbe in den verschiedenen Teilen in entgegengesetztem Sinn, so dass diese Zwillingsbildung hieran leicht erkannt werden kann. Da, wo an der Grenze sich zwei verschieden drehende Teile überlagern, wird die Drehung aufgehoben und die Grenze erscheint als schwarze Linie, die als Mittellinie in den hellen Dreiecken der Textfigur 205 deutlich hervortritt. Jedes dieser drei hellen Dreiecke besteht auf der einen Seite der schwarzen Mittellinie aus rechtsdrehender, auf der andern Seite aus linksdrehender Quarzsubstanz. (In den dazwischen liegenden Feldern mit festungsartiger Zeichnung wechseln rechts- und linksdrehende Schichten in vielfacher Wiederholung miteinander ab, siehe bei Amethyst Seite 270; die schwarze Linie, die durch diese Felder hindurchsetzt, ist ein Riss in der Platte.) Im konvergenten Licht bleibt die Mitte des Interferenzbildes (Tafel 4, 2) hell und bei weissem Licht farbig, das schwarze Kreuz geht nicht durch die Mitte hindurch. Bei einem Zwilling aus einem rechten und linken Kristall erscheint da, wo sich beide Teile überlagern, entweder das schwarze Kreuz der Figur 1, Tafel 4, oder eigentümlich sichelartig gekrümmte Spiralen (die Airyschen Spiralen); das schwarze Kreuz da, wo beiderlei Teile sich innig mischen und die Drehung aufgehoben wird, die Spiralen da, wo sich dickere Teile von rechtsdrehender und linksdrehender Quarzsubstanz überlagern.

Fig. 205.

Amethyst, senkrecht zur Hauptachse, im parallelen polarisierten Licht.

Die Lichtbrechung und Farbenzerstreuung von Quarz ist gering, daher zeigen geschliffene Stücke niemals sehr lebhaften Glanz oder starkes Feuer, die Doppelbrechung ist schwach; der Brechungsexponent ist für den ordentlichen Strahl $n = 1{,}54415$, für den ausserordentlichen $n = 1{,}55329$ (in Natriumlicht von dem Verfasser bestimmt).

Die Färbung von Quarz wird zum Teil nachweisbar durch ein Pigment hervorgerufen, so die rote Farbe der Kristalle 8 und 9 auf Tafel 52 durch Eisenoxyd, die gelbe in Figur 10 durch Eisenhydroxyd, die schwarze in den Figuren 6 und 7 durch organische Substanz; in den durchsichtigen Varietäten ist aber der Farbstoff körperlich nicht vorhanden, sondern im Quarz aufgelöst, wie ein Salz in Wasser, und die Ansichten der Forscher gehen noch darüber auseinander, ob die Farbe von Kohlen-

Digitized by Google

stoffverbindungen, etwa Kohlenwasserstoffen, oder von anorganischen Verbindungen, man hat an Titanverbindungen gedacht, erzeugt werde.

Die Härte von Quarz ist 7, das spezifische Gewicht 2,65. Er bricht muschlig oder splittrig, eine ganz versteckte Spaltbarkeit nach den Flächen des einen Rhomboeders ist manchmal zu beobachten.

Der Schmelzpunkt von Quarz liegt bei etwa 1700°, der geschmolzene Quarz erstarrt zu klarem Glas, das bei weniger hoher Temperatur sich schmelzen und wie Glas blasen lässt. Hiervon macht man in der neuesten Zeit Gebrauch, um aus geschmolzenem Quarz chemische Apparate, Tiegel etc. herzustellen. Sie haben vor anderem Glas den Vorzug, dass ihr Erweichungspunkt um etwa 800 höher liegt und dass die plötzlichsten und grössten Temperaturunterschiede ohne Einfluss sind. Man kann einen solchen bis zur Rotglut erhitzten Tiegel in kaltes Wasser tauchen, ohne dass er zerspringt. Der geschmolzene und zu Glas erstarrte Quarz hat ein spezifisches Gewicht von nur 2,2, einen Brechungsexponenten von nur 1,45.

Von chemischen Reagenzien wird Quarz sehr schwer angegriffen, nur von Flusssäure wird er völlig gelöst, gleichwohl finden wir ihn in der Natur manchmal mit Aetzfiguren (Seite 20) bedeckt, ein Beweis, dass dort Lösungen tätig waren, die ihn, wenn auch nur schwach, so doch merkbar angegriffen haben. Solche mit Aetzfiguren bedeckte Kristalle kommen besonders von Goyaz in Brasilien, ein ausgesucht guter Kristall ist in Figur 3 der Tafel 55 in halber natürlicher Grösse abgebildet. Wenn die ungefähr elliptischen Aetzfiguren mit ihrer Längsachse wie hier nach oben links gerichtet sind, ist der Kristall linksdrehend, bei entgegengesetzter Lage rechtsdrehend. An Platten, die aus solchen Kristallen geschnitten waren, hat Verfasser dies festgestellt und man kann, nachdem dies einmal geschehen ist, den Sinn der Drehung aus der Lage der Aetzfiguren ablesen.

Sehr reich ist Quarz an Einschlüssen; so sehen wir in Figur 9 der Tafel 54 grünen Strahlstein, wie Gras aussehend, in Bergkristall, in Figur 8 roten Rutil, dessen Nadeln sich wie bei dem Rutil in Figur 10 der Tafel 19 durchkreuzen; besonders lange Rutilnadeln zu Büscheln vereint sind in dem Bergkristall der Figur 4 auf Tafel 55 eingeschlossen. Bergkristall mit solchen Rutileinschlüssen wird Haarstein genannt; bisweilen ist er völlig damit erfüllt. Bis vor kurzem waren schöne Haarsteine recht selten, in neuerer Zeit kommen prachtvolle Stücke aus der Provinz Goyaz in Brasilien. Die schwarzen Einschlüsse in dem Bergkristall der Figur 7 auf Tafel 54 sind Asphalt. In dem mikroskopischen Bild Tafel 59, 3 sehen wir Glaseinschluss in dem Quarz des Porphyrs; das Gestein war einmal eine heissflüssige Schmelze, aus der der Quarz sich ausgeschieden hat; einen Tropfen der Schmelze hat er umschlossen und dieser ist als Glas erstarrt. Der Quarz im Granit ist oft reich an Einschlüssen von flüssiger Kohlensäure, auch Chlornatriumlösung hat man als Einschluss in ihm nachgewiesen. In regelmässiger Verwachsung tritt Quarz bisweilen mit Feldspat, auch mit Kalkspat auf. Goldführenden derben Quarz haben wir als Goldquarz bereits bei Gold (Seite 69) kennen gelernt.

So häufig Quarz in der Natur vorkommt, so schwierig ist seine künstliche Darstellung, man hat ihn wohl durch Einwirkung von überhitztem Wasserdampf auf Glas oder Kieselgallerte, oder aus fluorhaltigen Lösungen dargestellt, aber immer nur in winzigen Kriställchen. Wie die Natur die klaren Riesenkristalle und den in Massen auftretenden gemeinen Quarz geschaffen haben mag, ist ein Rätsel, das die Wissenschaft bisher vergeblich zu lösen versucht hat.

Wegen seiner Widerstandsfähigkeit gegen chemische Reagenzien bleibt der Quarz im Kampf ums Dasein, der sich auch unter den Mineralien abspielt, in der Regel Sieger und verdrängt Mineralien, die vor ihm da waren, so vor allem den schwer löslichen Schwerspat. Gänge, die ursprünglich von Schwerspat ausgefüllt waren, führen jetzt Quarz,

und nur noch an der Form der Kristalle erkennt man das Mineral, das einstmals hier vorhanden war. Gelegentlich freilich unterliegt auch Quarz, und namentlich ist er von dem weichen Speckstein bisweilen völlig verdrängt worden (Tafel 69, 11).

Wir wenden uns nun zur Besprechung der Varietäten und geben bei jeder ihre Verwendung an.

Bergkristall ist der durchsichtige, wasserhelle, farblose Quarz. Seine glänzenden Kristalle sind oft von allen den vorher genannten Flächen (Textfigur 202 und 203) begrenzt und gehören bisweilen zu den Riesen, manchmal auch zu den Zwergen unter den Kristallen. Die grössten erreichen mehr als einen Meter an Höhe und Umfang und mehrere Zentner an Gewicht, die kleinsten sind erst mit dem Mikroskop zu erkennen. Verzerrungen sind bei Bergkristall an der Tagesordnung, während die Verdrehungen mehr bei Rauchtopas vorkommen. Die Kristalle in Figur 9 auf Tafel 1, Figur 8 der Tafel 2, Figur 1, 4, 7 der Tafel 2a, Figur 1, 4, 5—9, 11 der Tafel 54, die Zwillinge in Figur 1, 3, 5, 6 der Tafel 53 gehören zu Bergkristall, ihre Fundorte sind aus den beigegebenen Deckblättern zu ersehen.

Bergkristall findet sich auf Spalten und Ausweitungen, den Kristallkellern, im Granit der Alpen sehr verbreitet, oft begleitet von Adular, Titanit, Rutil, Chlorit und andern Mineralien. Die Spalten und Höhlen sind nach aussen meist geschlossen und es bedarf eines geübten Auges und grosser Geschicklichkeit, die Kristallkeller aufzufinden und auszubeuten. Eine schmale Quarzader an steil abstürzender Wand mag zu einem Kristallkeller führen, und der eifrige »Strahler«, so heissen in der Schweiz die Kristallsucher, wagt sein Leben, um den verborgenen Schatz zu heben, in den meisten Fällen ist die Ausbeute nur gering, Funde von vielen und grossen Kristallen sind immer nur seltene Ausnahmen. Ganz ähnlich wie in den Alpen, wenn auch nicht in so schönen Kristallen, kommt Bergkristall bei Striegau in Schlesien, im Taunus und anderen Mittelgebirgen vor. Völlig klare Bergkristalle, bisweilen Brasilianer Zwillinge, kommen auf dem schneeweissen Marmor von Carrara (Tafel 54, 11) vor, sehr scharfkantige Kristalle kommen von Hot Springes in Arkansas (Tafel 1, 9; Tafel 54, 1), durch Grösse und Klarheit ausgezeichnete Kristalle aus der Provinz Goyaz in Brasilien (Tafel 55, 3, 4 und Textfigur 204), Bruchstücke von Riesenkristallen von Madagaskar; schön kristallisierter Bergkristall kommt aus Indien, die Kristalle sind an dem Ende häufig nur von dem einen Rhomboeder begrenzt. Völlig klare, ringsum ausgebildete Kristalle, die bisweilen Asphalt einschliessen, werden in Herkimer Co. im Staate New York gefunden (Tafel 54, 7), kleinere im Marmoroscher Komitat in Ungarn und in der Grafschaft Schaumburg (Marmoroscher, Schaumburger Diamanten), winzige, wasserhelle Kriställchen kommen in manchem Gips und in Carnallit vor. Bergkristalle mit kastenförmig vertieften Rhomboederflächen (Tafel 2, 8) werden bei Poretta in Italien gefunden.

Verwendung: Bergkristall wird seit der mykenischen Epoche als Schmuckstein und Gemme getragen und zu mancherlei kostbaren Geräten verarbeitet. An dem kugelig geschliffenen klaren Kristall mögen die Alten erkannt haben, dass durch ihn gesehene Gegenstände vergrössert erscheinen, und es wäre immerhin denkbar, dass die Steinschneider bei ihrer mühsamen Arbeit Linsen aus Bergkristall benutzt haben. Die römischen Aerzte sollen sich der Kristallkugeln wie Brenngläser bedient haben, um Wunden auszubrennen. Zur römischen Kaiserzeit und in der Renaissance sind kunstvoll gravierte Becher und Schalen aus ihm hergestellt worden; das, was man heute als Kristall bezeichnet, ist meist geschliffenes oder graviertes Glas, Bergkristall wird zu solch kunstvollen Gefässen kaum noch verwendet.

Heute werden aus Bergkristall, und zwar hauptsächlich aus Brasilianer, Brillengläser, feine Gewichte, Petschafte, Briefbeschwerer, Kugeln u. dergl. hergestellt, aber auch in grosser Menge als Brillant geschliffene Schmucksteine, die für sich allein wohl ganz

gut wirken, neben Diamant aber tot erscheinen, Feuer und Farbenspiel besitzen sie nicht. Bergkristall mit Rutil- oder Strahlsteineinschlüssen bekommt eine flach gerundete Schliff-fläche, damit die Einschlüsse, die ihm den Wert verleihen, gut sichtbar sind; grössere Stücke werden wie Bergkristall zu Briefbeschwerern, Petschaften, Kugeln u. dergl. verarbeitet.

Aus geschmolzenem Bergkristall werden Tiegel und andere Gefässe hergestellt, die sich durch ihre Unempfindlichkeit auch gegen grösste Temperaturschwankungen aus-zeichnen.

Rauchtopas oder besser Rauchquarz ist brauner, durchsichtiger Quarz. Die Farbe schwankt zwischen hellbraun und tief dunkelbraun; die nahezu schwarzen Kristalle haben den besondern, eigentlich recht überflüssigen Namen Morion bekommen. Wahrscheinlich sind die Kristalle durch Kohlenwasserstoffe oder sonstige organische Substanzen gefärbt, jedenfalls ist die Färbung sehr wenig hitzbeständig, sie verschwindet schon bei 360°. Hieraus hat man mit Recht geschlossen, dass die Temperatur, bei der Rauchtopas sich gebildet hat, weniger als 360° betragen habe. Einschlüsse fremder Mineralien sind in Rauchtopas viel seltener als in Bergkristall. Der Dichroismus ist recht kräftig; in der dichroskopischen Lupe erscheint das Bild des ausserordentlichen Strahles bräunlichgelb, das des ordentlichen Strahles hellbräunlichviolett oder hellbraun bis nahezu farblos. An Rauchtopas treten dieselben Flächen wie an Bergkristall auf und die Kristalle sind in der gleichen Weise verzerrt, nur sind die windschiefen Kristalle bei Rauchtopas häufiger als bei Bergkristall, die Kristalle in Figur 12 der Tafel 2, Figur 2, 3 der Tafel 2a sind Beispiele dafür; den in Figur 2 auf Tafel 2a erkennen wir aus der Lage der Trapezfläche als einen linken, den darunter befindlichen als einen rechten. Einen dunklen rechten Kristall zeigt uns Figur 2 auf Tafel 54, einen helleren linken Figur 3; als Morion könnte man die kleine Kristallgruppe der Figur 10 bezeichnen. Eine herrliche Stufe von Rauchtopas sehen wir auf der Titeltafel (die aus Versehen Nr. 87 bekommen hat); an beiden Enden aus-gebildete, rechte und linke Kristalle sehen wir hier vereinigt, die weissen Kristalle da-zwischen sind Adular.

Rauchtopas kommt in den Alpen ebenso wie Bergkristall vor; berühmt durch die reiche Ausbeute an grossen und vielen Kristallen ist der Kristallkeller am Tiefen-gletscher in der Nähe der Furkastrasse, der im Jahre 1868 entdeckt und ausgebeutet wurde. An 300 Zentner sind hier gefunden, der grösste Kristall ist 0,69 m hoch und wiegt 133 kg. Die schönsten und grössten dieser Kristalle befinden sich in den Museen von Bern und Zürich. Ueberhaupt ist das Gotthardgebiet reich an schönen, grossen und klaren Kristallen von Rauchtopas, auch die grosse Stufe des Titelblatts stammt von hier, ebenso die in Figur 2 und 3 auf Tafel 54 abgebildeten Kristalle. In andern Gebieten ist Rauch-topas im ganzen seltener als Bergkristall, der Morion in Fignr 10 der Tafel 54 stammt aus der Umgegend von Katharinenburg im Ural. Sehr schöner klarer Rauchtopas kommt von Goyaz in Brasilien.

Rauchtopas ist zeitweise viel als Schmuckstein getragen worden, jetzt ist er weniger modern; es werden Petschafte, Kugeln und andere kleine Ziergeräte aus ihm gearbeitet.

Gelber und braungelber durchsichtiger Quarz. Ausser Rauchtopas führen noch anders gefärbte Varietäten von Quarz, die im Edelsteinhandel eine grosse Rolle spielen, den Beinamen Topas. Bei manchen ist die Farbe ursprünglich, bei andern ist sie durch Brennen verstärkt oder verändert, und es ist nicht immer leicht festzustellen, wie der gebrannte Stein vorher beschaffen war. Ich habe folgende Varietäten, die ich mit ihrem Handelsnamen anführe, ermitteln können:

Gelber Kristall ist zitronen- bis orangegelb, schlank und lang prismatisch, die Prismenflächen sind wie bei dem Brasilianer Bergkristall mit Aetzfiguren bedeckt, die

Kristalle kommen meist als Bruchstücke in den Handel, solche mit Endflächen findet man selten; die Bruchflächen sind muschlig und glatt, nicht gestreift. Der Dichroismus ist recht kräftig, das Bild des ordentlichen Strahls ist hellgelb, das des ausserordentlichen dunkelgelb. Im polarisierten Licht verhält er sich wie Bergkristall, nur an einzelnen Stellen ist rechtsdrehende mit linksdrehender Quarzsubstanz verwachsen, was übrigens auch bei dem Brasilianer Bergkristall sehr häufig ist. Seine Heimat ist Brasilien; im Handel ist er im ganzen nur selten anzutreffen.

Goldtopas ist in der Farbe von jenem kaum zu unterscheiden, nur kommt er auch ganz hellgelb vor. In den Handel kommen fast nur Bruchstücke, unter denen man einzelne mit Endflächen findet; in Figur 9 der Tafel 56 ist ein solches Bruchstück abgebildet. Die Bruchflächen zeigen immer feine festungsartige Streifung, wie wenn sie den Abdruck vom Daumen aufgenommen hätten, die gleiche, die für Amethyst so charakteristisch ist, und hieran kann man diese Art sofort vom gelben Kristall unterscheiden. Dichroismus ist kaum wahrnehmbar. Im polarisierten Licht verhält sich Goldtopas wie Amethyst (vergl. Figur 205 und Seite 265), und er soll auch nach Angabe der Händler gebrannter Amethyst sein. Jedenfalls wird er schon als Goldtopas importiert, er soll in Brasilien gebrannt und hierbei, damit er gleichmässig erhitzt wird und nicht springt, in Sand eingebettet werden. Bei Versuchen, die ich angestellt habe (siehe Seite 270), ist Amethyst durch Glühen wohl gelb geworden, aber immer gesprungen; es ist sehr gut möglich, dass dies durch die Einbettung in Sand und ganz allmähliches Erhitzen verhindert wird.

Goldtopas kommt, in Stücke zerschlagen, in grossen Mengen aus Brasilien; das Pfund wird auf den Versteigerungen in Idar je nach Klarheit und Grösse der Steine mit 20—60 Mark bezahlt.

Citrin nennen die Mineralogen den mit zitronengelber oder weingelber Farbe durchsichtigen Quarz, er ist in den beiden vorhergehenden Varietäten enthalten, also bald von Natur gelber Quarz, bald gebrannter Amethyst. Im Edelsteinhandel ist der Name nur wenig mehr gebräuchlich. Als Fundort für Citrin wird ausser den bei gelbem Kristall und Goldtopas genannten die schottische Insel Arran angegeben. Der in Figur 13 auf Tafel 54 abgebildete geschliffene gelbe Stein ist als Citrin bezeichnet.

Brauner Topas, auch Brasilianer und Uruguay-Topas genannt, ist dunkel braungelb, klar, feurig, einer der schönsten Steine aus der grossen Gruppe von Quarz. Es scheinen zwei Varietäten hier vereinigt zu werden, die eine ist braun bis ans Ende, Bruchstücke mit Endflächen, der scheinbaren Pyramide, findet man häufig, bisweilen zeigen dann die Flächen opalartigen, milchigen Schein. Durch vorsichtiges Glühen wird der Stein farblos, beim Erkalten aber wieder braun. Die andere Varietät ist mehr stengelig, die Spitzen sind farblos, die Endflächen matt und weiss. Dichroismus ist bei beiden nicht wahrnehmbar. Sie sind mir als gebrannte Amethyste bezeichnet worden, dem widerspricht aber ihr optisches Verhalten; die Platten senkrecht zur Achse sind einheitlich wie Bergkristall, nur enthalten sie, wie der gelbe Kristall und Bergkristall, Stellen, in denen rechts- und linksdrehende Quarzsubstanz verwachsen ist. Ich glaube daher nicht, dass es gebrannter Amethyst sei, halte vielmehr die andere Angabe für richtig, dass es von Haus aus braune Steine sind, deren Farbe durch Brennen reiner und schöner geworden ist. Sie kommen aus Brasilien und Uruguay, das Pfund wird mit 20—50 Mark bezahlt.

Spanischer Topas ist ein vollkommen klarer, leuchtend gelbbrauner Stein, der mit satter Farbe kräftiges Feuer vereinigt und zu den schönsten Schmucksteinen aus der Quarzfamilie gehört. Er kommt in Gegensatz zu braunem Topas in grossen, von Prisma und der Pyramide begrenzten Kristallen vor, die stark dichroitisch sind; das Bild des ordentlichen Strahls ist hellgelb, das des ausserordentlichen gelbbraun. Soviel ich

habe ermitteln können, bekommt er seine schöne Färbung durch vorsichtiges Glühen, ist aber auch schon vorher braun.

Der spanische Topas findet sich bei Hinojosa in der Provinz Cordoba am Nordabhange der Sierra Morena und soll auch aus Neu-Seeland kommen; gerade für die grössten und schönsten Kristalle ist mir dieses Land als Heimat angegeben worden. Er ist von allen braunen und gelben Quarzarten die kostbarste, das Pfund klarer und grosser Steine kostet bis zu 500 Mark.

Alle diese gelben und braunen »Topase« sind als Sckmucksteine sehr beliebt, besonders die dunklen sind feurige, glänzende Steine. Wenn es sich je darum handelt, sie von echtem Topas zu unterscheiden, so braucht man sie nur in Bromoform zu werfen, Topas sinkt unter, die Mineralien der Quarzgruppe bleiben schwimmen.

Amethyst ist der violette Quarz, die Farbe ist bald hell-, bald dunkelviolett ins Blaue oder Rote sich neigend. Den färbenden Stoff kennt man noch nicht, man hat an Mangan-, aber auch an Eisenverbindungen gedacht, entschieden ist die Frage noch nicht. Ebensowenig sind die Untersuchungen über die Aenderung der Farbe bei höherer Temperatur als abgeschlossen zu betrachten. In der Regel wird angegeben, dass Amethyst beim Erhitzen gelb und schon bei 250° farblos werde, dies stimmt aber mit einigen Versuchen, die ich angestellt habe, nicht überein. Ich habe hell- und dunkelvioletten Amethyst in einem Trockenschrank ganz allmählich erwärmt, so dass nach etwa drei Stunden eine Temperatur von 290° erreicht war, er wurde hierbei unscheinbar grauviolett, bei dem Abkühlen aber wieder rein violett wie vorher. Ebenso verhielt er sich, wenn er bis zur beginnenden Rotglut erhitzt wurde; erst nach längerem Glühen in einer Platinschale mit voller Stichflamme des Teclubrenners wurde er farblos, nach dem Erkalten aber gelb. Der Dichroismus von Amethyst ist immer sehr gering, die beiden Bilder in der dichroskopischen Lupe erscheinen kaum verschieden; das eine vielleicht etwas mehr rötlich, das andere mehr bläulich.

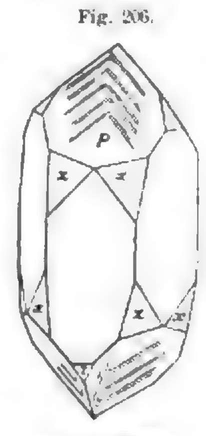
Die Färbung ist oft recht ungleichmässig in demselben Kristall, entweder so, dass hellere oder dunklere Partien unregelmässig miteinander abwechseln, oder so, dass die zu gewissen Flächen gehörenden Anwachspyramiden (vergl. Seite 38) dunkler gefärbt sind als die benachbarten. Dies sehen wir in Figur 8 der Tafel 56, die uns eine senkrecht zur Hauptachse aus einem Kristall herausgeschnittene Platte zeigt, drei Sektoren sind violett, die drei andern nahezu farblos. Den optischen Bau einer solchen Platte erkennen wir bei der Untersuchung im parallelen polarisierten Licht, wir haben schon bei Bergkristall darauf hingewiesen, die Textfigur 205 bringt ihn zur Anschauung.* In den drei hellen Feldern, die in der Platte farblos oder lichtviolett sind, stossen an der dunklen Mittellinie rechts- und linksdrehende Teile zusammen, in den deutlich violetten Feldern wechseln zahlreiche rechts- und linksdrehende Schichten miteinander ab und rufen im polarisierten Licht diese eigentümliche festungsartige Zeichnung hervor, die man sogar im gewöhnlichen Licht auf den Flächen des grossen Rhomboeders zart angedeutet findet, und die auch auf den Bruchflächen von Amethyst häufig zu sehen ist. Die Streifen gehen den Kanten parallel, in denen sich die Flächen des meist gross entwickelten Grundrhomboeders P schneiden, wie in der Textfigur 206 angedeutet ist. Im konvergenten polarisierten Licht geben die farblosen oder licht violetten Felder das für Quarz charakteristische Bild der Figur 2 auf Tafel 4, die andern geben da, wo rechtsdrehende und linksdrehende Substanz sich innig mischt, das Bild der einachsigen Kri-

* Die Platte, welche dieses Bild geliefert hat, ist nicht die gleiche wie die, welche auf der Tafel abgebildet ist, aber beide verhalten sich gleich. Die Vorlage für die Textfigur verdanke ich Herrn Dr. Hans Hauswaldt in Magdeburg.

stalle in Figur 1 der Tafel 4, da wo sie sich in dickeren Schichten überlagern, die sogenannten Airyschen Spiralen, aus deren Auftreten wir immer mit Sicherheit schliessen können, dass der Kristall Zirkularpolarisation besitzt und dass sich rechtsdrehende und linksdrehende Teile in ihm vereinen.

Durch die optische Untersuchung haben wir somit gefunden, dass Amethyst aus rechtsdrehender und linksdrehender Quarzsubstanz aufgebaut ist, an seinen Kristallen kommt dies durch die Verteilung der Trapezflächen nur sehr selten zum Ausdruck. Der auf Tafel 53 in Figur 4 abgebildete Kristall zeigt uns einen solchen Zwilling von Amethyst, wir haben ihn schon auf Seite 264 kurz beschrieben; die Textfigur 206 zeigt uns die gleiche Form vollständig und schematisiert. Daraus, dass die Trapezflächen x rechts und links über einer Prismenfläche liegen, erkennen wir, dass rechter und linker Quarz, rechtsdrehende und linksdrehende Quarzsubstanz in diesem Kristall miteinander verwachsen sind. Der auf unserer Tafel 53 in Figur 4 abgebildete Kristall ist der grösste von etwa fünfzig ebensolchen Zwillingskristallen, die alle dichtgedrängt auf einer handgrossen Stufe aufgewachsen sind. Die meisten Amethystkristalle haben sehr einfache Form, am häufigsten zeigen sie nur die scheinbar hexagonale Pyramide, und die Kristalle sitzen so dichtgedrängt auf ihrer Unterlage von Achat, dass nur die Spitzen frei in den Raum hineinragen; diese werden meist schon in Brasilien abgeschlagen und in Idar als Amethystspitzen versteigert. Der Kristall der Figur 1 auf Tafel 56 ist wahrscheinlich aus einer solchen Druse herausgelöst und darum an den Seiten von unregelmässigen Bruchflächen begrenzt. Dass die Flächen der scheinbar hexagonalen Pyramide verschieden sind und aus Rhomboeder und Gegenrhomboeder bestehen, sehen wir an den Kristallen der Figuren 3 und 5 der Tafel 56, wo die Flächen des einen Rhomboeders gross, die des Gegenrhomboeders klein sind, und aus dem Kristall der Figur 2, wo die einen Flächen glänzend, die andern damit abwechselnden matt und rauh sind, die Spitze ist hier durch eine matte Scheinfläche, die ungefähr die Lage der Basis hat, abgestumpft. Zu diesen Flächen tritt an den Kristallen der Figuren 4, 6 und 7 noch das Vertikalprisma, an dem letzten Kristall ist es besonders langgestreckt, ein wenig windschief gewunden, der Kristall selbst ist eine Art Scepterquarz, der violette Amethyst entwickelt sich aus einem dünneren einschlussreichen Bergkristall. Dass auch sonstige Wachstumserscheinungen bei Amethyst, wie bei Bergkristall und Rauchtopas, vorkommen, sehen wir an dem Kristall der Figur 6 auf Tafel 56, an dem die Flächen ebenso kastenförmig vertieft sind, wie an dem Bergkristall in Figur 8 der Tafel 2; eine schalenförmige Umhüllung von Amethyst durch Bergkristall haben wir auf Tafel 2 am Kristall der Figur 9 kennen gelernt. Ausser den oben erwähnten Zwillingen von einem rechten und einem linken Quarz kommen auch Zwillinge mit matten und glänzenden Flächenteilen vor, wie wir sie in Figur 1 der Tafel 53 an Bergkristall kennen gelernt haben, aber doch nur selten, am häufigsten sind immer die scheinbar einfachen hexagonalen Kristalle, wie der in Figur 1 auf Tafel 56.

Fig. 206.



Amethyst-Zwilling aus einem rechten und linken Kristall.

V o r k o m m e n. Amethyst findet sich vorzugsweise in Blasenräumen von vulkanischen Gesteinen, deren Wände von Achat bekleidet und die nach innen zu mit Amethystkristallen dicht besetzt sind. So kommt er in Melaphyrmandelstein bei O b e r s t e i n a. d. Nahe vor, der meiste aber kommt aus U r u g u a y und B r a s i l i e n (Tafel 56, 2, 3, 4); als Schaustücke werden riesige Mandeln, deren Inneres mit Amethystkristallen tapeziert ist, importiert, in der Hauptsache aber gelangen die Amethyste in losen Kristallspitzen oder in Stücke zerschlagen zur Versteigerung. In neuester Zeit sind aus Uruguay auch ringsum von Flächen

Digitized by Google

begrenzte schöne Amethystkristalle, auch Scepterkristalle, in den Handel gekommen, in denen der Farbstoff sehr ungleich verteilt ist, stellenweise sind sie tief violett, stellenweise farblos, dabei sehr reich an Einschlüssen von Eisenglanz oder Goethit und Rutil; optisch sind sie ganz einheitlich gebaut wie Bergkristall, es ist sicher eines der interessantesten Amethystvorkommen. An andern Orten kommt Amethyst auf Gängen im Granit vor, bildet stengelige Aggregate oder von Prisma und der Pyramide begrenzte Kristalle; so findet er sich unter andern bei Mursinka im Ural (Tafel 56, 3), ähnlich bei Schemnitz in Ungarn. Der grosse Kristall mit den kastenförmig vertieften Flächen (Tafel 56, 6) und der langprismatische (7) stammen aus dem Zillertal in Tirol, der erste unserer Tafel aus Nordamerika; hier kommt Amethyst in verschiedenen Gegenden vor, wird auch geschliffen, hat aber keine so grosse Bedeutung wie der südamerikanische. Durch die Verwitterung der Gesteine gelangt Amethyst in Bäche und Flüsse, wird abgerollt, aussen trüb und unscheinbar grau wie die andern Geschiebe, im Innern ist er oft vollkommen klar und schön gefärbt, so dass gerade unter den Geröllen mit die schönsten Stücke vorkommen. So findet er sich in Brasilien und auf Ceylon. Der Hauptbedarf an Amethyst wird durch Uruguay und Brasilien gedeckt. Solche Riesenkristalle wie Bergkristall und Rauchquarz bildet Amethyst nicht.

Verwendung. Amethyst ist seit alten Zeiten als Schmuckstein beliebt, schon in der mykenischen Epoche ist er zu Gemmen geschnitten und als Amulett getragen worden; er sollte besonders gegen Trunkenheit schützen, sein Name amethystos bedeutet: nicht trunken. Sein Wert ist um so höher, je tiefer violett die Farbe ist und je grösser die klaren Stücke sind; so kostet das Pfund kleiner Stücke nur 5 Mark, grösserer, klarer Geschiebe 50 Mark, ausgesuchter Stücke 200 Mark, und für das Pfund bester Ware ist auch schon 1000 Mark gezahlt worden; im übrigen ist der Wert wie bei allen farbigen Halbedelsteinen von der Mode sehr abhängig. Die Schmucksteine bekommen in der Regel Treppenschnitt und werden als Nadel, Broche, Kette und Ringstein immer gern getragen. Ein Nachteil für Amethyst ist, dass seine Farbe bei Lampenlicht sehr verliert, sie wird grauviolett und unscheinbar; sein Rivale, der orientalische Amethyst, das ist violetter Saphir, ist auch bei Lampenlicht schön violett, aber auch ein viel wertvollerer, seltener Stein.

Gemeiner Quarz. Trüber, wenig durchsichtiger Quarz wird als gemeiner Quarz von seinen Brüdern unterschieden, Varietäten von ihm, die sich durch besondere Farben oder Farbenerscheinungen auszeichnen, bekommen wieder besondere Namen. Die Kristallformen von gemeinem Quarz sind immer sehr einfach, die scheinbar hexagonale Pyramide allein (Tafel 52, 1, 5 und 6), oder meist diese mit dem Prisma (Tafel 52, 3, 4, 9) umschliesst die Form, das Prisma bald sehr schmal, bald langgestreckt oder kurz und gedrungen. Die Kristalle sind bisweilen ringsum von Flächen umgeben (Tafel 52, 5 und 6) und waren dann eingewachsen, meist aber sind sie nur an einem Ende ausgebildet, weil sie mit dem andern aufgewachsen waren. So einfach die äussere Form, so verwickelt ist oft der innere Bau; viele durch den Grad der Trübung unterschiedene Schichten wechseln miteinander ab, wie wir an dem Kristall der Figur 11 sehen, oft so, dass die eine Schicht aus rechtsdrehender, die andere aus linksdrehender Substanz besteht, bisweilen so, dass der eine jüngere Teil sich von dem andern abheben lässt wie eine Kappe von der andern, weswegen solcher Quarz Kappenquarz genannt wird; in Figur 12 a und b sehen wir einen solchen Kristall, der obere Teil passt genau auf den unteren.

Die Färbung des gemeinen Quarzes ist sehr verschieden, schon bei den Kristallen, noch mehr bei den derben, dichten und faserigen Aggregaten, auf der Tafel 52 sind die Varietäten zum Teil mit Rücksicht auf ihre Farbe zusammengestellt. Wir sehen da schwachgraue, fast farblose Kristalle bis nahezu schwarze, schwachgelbe bis ausgesprochen braungelbe, zart rosagefärbte, braunrote und rote, und wir haben auf Seite 265 schon erwähnt,

dass die Färbung in diesen nachweisbar durch fremde Substanzen erzeugt wird, die schwarze Farbe durch organische Substanz, die rote durch Eisenoxyd, die gelbe durch wasserhaltiges Eisenoxyd; die grüne des dichten Quarzes wird durch eine Nickelverbindung bewirkt.

Der Glanz, der bei Bergkristall ausgesprochener Glasglanz ist, geht bei gemeinem Quarz manchmal in Fettglanz (Fettquarz), bei faserigen Abarten (Faserquarz) in Seidenglanz über.

Vermöge der Härte gibt Quarz, wenn man ihn mit einem andern Quarzstück anschlägt, Funken und entwickelt dabei einen eigenartigen Geruch. Wohl jeder von uns hat sich schon damit unterhalten, aus Quarz Feuer zu schlagen und hat sich gefreut über den Geruch, der dabei bemerkbar wurde, ein kindliches Vergnügen, und doch würde es sich lohnen, die Ursache dieser Erscheinungen näher zu verfolgen. Wodurch entstehen die Funken, woraus entwickelt sich der Geruch? Wahrscheinlich werden die feinen Splitterchen, die losgeschlagen werden, durch die heftige Reibung glühend und in geringer Menge eingeschlossene organische Substanz wird versengt und gibt den Geruch. Dass man mit scharfkantigem Quarz Glas ritzen kann, weiss jeder aus Erfahrung. Dass Quarzkörnchen, die durch heftigen Wind fortgeblasen werden, die Körper, gegen die sie angetrieben werden, stark angreifen, kann man an der Küste öfters beobachten, Glasscheiben werden matt und harte Gesteine werden geschliffen, vorhandene Bruchflächen werden geglättet, die Kanten zwischen ihnen werden geschärft und aus regellosen Geschieben erzeugt der angeblasene Sand die berühmten Kantengeschiebe oder Dreikantner, die an der Küste von Schleswig und in der norddeutschen Tiefebene so verbreitet sind und von denen man früher wegen ihrer Form geglaubt hat, dass sie von Menschen bearbeitet seien, bis R. Virchow das Unhaltbare dieser Ansicht dargetan hat. Trifft der vom Wind mitgeführte Sand auf Gesteine, die aus harten und weichen Mineralien bestehen, so bläst er die weichen aus und erzeugt ganz eigenartig aussehende Windschliffe, durch die uns die Struktur des Gesteins oft besser offenbart wird als durch irgend eine künstliche Präparation. Auf der Insel Sylt kann man eine ganze Musterkarte hiervon zusammenstellen; vorweltliche Gletscher haben aus Skandinavien die Geschiebe dorthin transportiert, der Wind hat sie ausgeblasen, jedes erzählt uns eine lange Geschichte.

Der gemeine Quarz ist das häufigste von allen Mineralien, fast überall auf der Erde kommt er vor. Die aufgewachsenen Kristalle finden sich besonders auf Gängen oder kleineren Höhlungen, die teilweise mit derbem oder stengeligem Quarz ausgefüllt sind, oder sie bilden selbst Haufwerke von regellos miteinander verbundenen kleinen und grossen Kristallen, aus denen bisweilen einzelne durch Grösse und Klarheit ausgezeichnete Kristalle herausragen, oder sie treten in Gemeinschaft mit andern Mineralien auf, friedlich mit ihnen auf Drusen vereinigt (Quarz mit Feldspat in Figur 1 der Tafel 1, Quarz und Eisenglanz in Figur 1 der Tafel 52), oder diese in dünnen Krusten überziehend und allmählich verdrängend. Die Gänge und Drusen kommen fast in allen Gebirgsarten mit Ausnahme der allerjüngsten vor, in Granit (Tafel 1, 1), Gneiss und Glimmerschiefer, in Grauwacke (Tafel 52, Figur 11) und Sandstein, in Mergel, Kalkstein und Eisenstein (Tafel 52, 1), selbst die Hohlräume von Versteinerungen sind manchmal mit Quarzkristallen bekleidet. Eingewachsene grössere Kristalle sind seltener und kommen besonders in Kalkstein (Tafel 1, 8), Gips und Quarzporphyr (Tafel 52, 5) vor, in diesem Gestein besonders häufig kleine Quarzkristalle mit gerundeten Flächen; Durchschnitte davon sehen wir in Figur 3 und 4 auf Tafel 59. Besonders häufig tritt Quarz in regellosen Körnern als wesentlicher Gemengteil verbreiteter Gesteine auf, mit Feldspat und Glimmer bildet er den Granit und Gneiss, mit Glimmer den Glimmerschiefer, abgerollte und durch ein Bindemittel verkittete Quarzkörner bilden den Sandstein und Quarzit, lose Körner den Sand unserer Dünen und den Wüsten-

sand; Quarz ist das häufigste gesteinsbildende Mineral. Meist kann man ihn im Gestein schon mit blossem Auge erkennen oder durch seine Härte bestimmen. Im Dünnschliff, dessen Bedeutung wir im nächsten Abschnitt kennen lernen, wird Quarz farblos durchsichtig, ist immer frisch und enthält oft Einschlüsse von Flüssigkeit oder Glasmasse (Tafel 59, 3). Die Durchschnittsform der Kristalle in Porphyrgesteinen ist meist sechseckig, der Rand oft gerundet; die Grundmasse dringt bisweilen in tiefen Buchten in das Innere ein (Tafel 59, 4). Die Quarzkörner der granitischen Gesteine haben beliebigen eckigen Umriss und füllen meist die Zwischenräume zwischen den andern Mineralien aus. Wegen der geringen Lichtbrechung erscheint die Oberfläche von Quarz im Dünnschliff glatt, wegen der schwachen Doppelbrechung treten im polarisierten Licht nur die Farben der ersten Ordnung auf, wenigstens wenn der Schliff gut ist, in dicken Schliffen auch Farben höherer Ordnung.

Der gemeine Quarz ist ein so verbreitetes Mineral, dass es gar nicht möglich ist, alle Fundorte zu nennen, nur einige, an denen gute Kristalle vorkommen, seien genannt: Bieber bei Giessen, Griedel bei Butzbach, Usingen im Taunus (Tafel 52, 11), Warstein in Westfalen (Tafel 1, 8), Zinnwald in Böhmen (Tafel 52, 2), Striegau in Schlesien, Verespatak in Ungarn, Baveno am Lago maggiore (Tafel 1, 1). Einige weitere Fundorte sind aus dem zur Tafel 52 gehörenden Deckblatt zu ersehen.

Verwendung. Der gemeine, als Sand vorkommende Quarz findet in der Technik mancherlei Verwendung. Er ist das Hauptmaterial für die Fabrikation von Glas, das durch Zusammenschmelzen von reinem Quarz mit Soda oder Glaubersalz, Pottasche und Kalk hergestellt wird. Die leicht schmelzbaren Gläser enthalten Natron und Kalk, die schwer schmelzbaren Kali und Kalk, das gewöhnliche Flaschenglas enthält Eisen, andere farbige Gläser werden durch Zusatz von Metalloxyden (blau durch Kobalt, rot durch Kupfer etc.) erzeugt, stark lichtbrechende Gläser durch Zusatz von Blei. In neuerer Zeit werden durch das Institut von Schott in Jena auf Grund von systematischen wissenschaftlichen Untersuchungen Glasarten hergestellt, die dem bestimmten Zweck, dem sie dienen sollen (Linsen für Fernrohre und Mikroskope, Prismen, Thermometer), durch ihre Zusammensetzung möglichst angepasst sind. Ferner dient Quarz zur Herstellung von Wasserglas, das durch Zusammenschmelzen von Quarz und Alkali hergestellt wird, zur Darstellung von Kieselflusssäure etc. Wegen seiner Härte wird Quarz zu Sandgebläsen benutzt, durch die die matten Zeichnungen auf Fensterscheiben und geschliffenen Grabsteinen hervorgebracht werden. In der Marmorindustrie dient Quarzsand zum Zersägen der Blöcke in dünne Platten, mit gelöschtem Kalk gemischt gibt Quarzsand den bindenden Mörtel.

Von dem gemeinen Quarz werden nach Farbe und Beschaffenheit noch die folgenden Varietäten unterschieden:

Rosenquarz ist derber, zart rosa gefärbter Quarz von Zwiesel im Bayrischen Wald. Die Farbe ist nicht lichtbeständig, wird daher wohl durch organische Verbindungen erzeugt. Er wird zu kleinen Kugeln u. dergl. verschliffen und bisweilen sehr roh nachgeahmt; glühend heisser Bergkristall wird in Wasser gekühlt, der hierdurch rissig gewordene Stein wird in eine Farbstofflösung gelegt, die auf den Rissen eindringt und ihn färbt.

Eisenkiesel ist durch Eisenoxyd rot oder durch wasserhaltiges Eisenoxyd gelb gefärbter Quarz. Die roten Kristalle (Tafel 52, 8, 9) kommen in Gips und Aragonit eingewachsen bei San Jago di Compostella in Spanien vor und sind als Hyazinthen von Compostella bekannt. Dichter roter Eisenkiesel tritt in Begleitung von Diabas in der Gegend von Dillenburg und im Kellerwald auf; mit weissem Quarz durchwachsene Arten haben nach dem hessischen Dorfe Löhlbach den Namen Löhlbacher Achate bekommen. Zu derartigem Eisenkiesel gehören vermutlich rote Steine mit eingesprengten weissen Teilen,

aus denen schon in der mykenischen Zeit Gemmen geschnitten wurden und die in der Regel als Jaspis bezeichnet werden. Gelber, aber auch roter Eisenkiesel findet sich als Neubildung in mitteldevonischem Kalkstein der Gegend von Iserlohn in Westfalen (Tafel 52, Figur 10).

Avanturin ist ein durch mikroskopisch kleine und dünne Blättchen von Glimmer oder Eisenglanz rot gefärbter und durch diese glitzernder Quarz, ist aber selten. Seine Wirkung wird weit übertroffen durch das Avanturinglas, das auf der Insel Murano bei Venedig dargestellt wird, ein Glas, in dem durch einen besondern Kniff mikroskopisch kleine Kupferkriställchen zur Ausscheidung gebracht sind, die nach allen Richtungen durcheinander liegen und den lebhaften Schiller dieses beliebten Schmuckglases bedingen.

Stinkquarz heissen die an organischer Substanz reichen Quarzkristalle (Tafel 52, Figur 7), weil sie beim Zerschlagen und Zerreiben brenzlich riechen. Sie finden sich im Muschelkalk bei Pforzheim in Baden.

Sternquarz ist radialstengeliger weisser Quarz von Hohenelbe in Böhmen, Adorf in Waldeck, Warstein in Westfalen und andern Orten.

Katzenauge (Tafel 52, 15 und 16) ist ein Quarz, der feine Fasern von Asbest oder Strahlstein eingeschlossen enthält. Wenn die einander parallel liegenden Fasern sehr fein sind und der Quarz nicht ganz trüb ist, so übt der Stein eine eigentümliche Lichtwirkung aus, die noch durch rundliche Schliffform erhöht wird und die mit dem Lichtschein im Katzenauge grosse Aehnlichkeit hat. Die Farbe ist grünlichgrau, bläulich, gelb oder braun und der Stein im allgemeinen um so wertvoller, je schärfer das wogende Lichtband sich abhebt und je zarter die Farbe ist; am wertvollsten sollen gelbliche Steine mit bläulichweissem Lichtschimmer sein. Es ist ein Stein für Kenner, weniger für das grosse Publikum. Durch den Lichtschein hat Katzenauge viel Aehnlichkeit mit der Cymophan genannten Varietät von Chrysoberyll (Tafel 45, 6), ist aber viel leichter als dieser und schwimmt in reinem Methylenjodid, während Cymophan darin untersinkt. Die guten Varietäten sind sehr wertvolle Edelsteine und finden sich auf Ceylon, trübe Stücke kommen bei Hof im Fichtelgebirge und Treseburg im Harz vor.

Tigerauge (Tafel 52, 14) ist ein feinfaseriger Quarz, dessen Fasern wellig gebogen oder scharf geknickt und durch zwischengelagertes wasserhaltiges Eisenoxyd gelb gefärbt sind. Die prächtige goldgelbe bis braungelbe Farbe, die feinfaserige Beschaffenheit, die wellige Biegung der Fasern erzeugt auf der parallel zur Faserung geschliffenen Fläche eine im leuchtenden Glanz immer wechselnde Farbenwirkung, die diesen etwa seit dreissig Jahren bekannten Stein zu einem der beliebtesten Schmucksteine gemacht hat. Geschnittene Nadel- und Ringsteine, kugelig geschliffene Stockknöpfe, eben oder gewölbt geschliffene Dosen etc. sind in Menge daraus angefertigt worden und haben zeitweise den Markt überschwemmt.

Tigerauge ist keine ursprüngliche Bildung, sondern ist aus einem andern feinfaserigen blauen Mineral, dem Krokydolith (Tafel 66, 8), durch Verwitterung dadurch entstanden, dass seine Kieselsäure in den feinen Fasern, sein Eisen als wasserhaltiges Eisenoxyd zwischen diesen zurückgeblieben ist, während die andern Bestandteile in Lösung fortgeführt sind. Eine Zwischenstufe zwischen beiden sehen wir in der Figur 13 der Tafel 52, ein Stück, das zum Teil aus dem blauen Krokydolith, zum Teil aus dem gelben Tigerauge besteht; die blauen Stücke, die durch eingesickerte Kieselsäure schon verhärtet sind, werden gleichfalls geschliffen und gehen unter dem Namen Falkenauge. Das Tigerauge selbst ist demnach eine Pseudomorphose von Quarz mit wasserhaltigem Eisenoxyd nach Krokydolith. Alle diese verschiedenen Arten, durch Krokydolith blau gefärbter dichter Quarz, faseriger Krokydolith und Tigerauge, treten bisweilen an kleinen Stücken zusammen auf und aus solchen werden Fische, Fasanen und andere kleine vollständige

Digitized by Google

Tiergestalten geschnitten. Durch Glühen wird Tigerauge rot und wird so gebrannt bisweilen verarbeitet, häufiger aber noch wird es gefärbt. Durch Salzsäure kann ihm nämlich das färbende Eisen entzogen werden, die entfärbten Steine nehmen andere Farbstoffe auf; solche, durch Anilinfarben blau, grün und rot gefärbte, kommen vielfach in den Handel, eine bedauerliche Geschmacksverirrung, die sich an dem Käufer durch Ausbleichen der Farben bald rächt. Das Mineral kommt aus dem Gebiet des Oranje river (den Asbestos-Mountains) im Kapland und tritt dort in schmalen Gängen in einem eisenschüssigen Quarzgestein auf, die Faserrichtung ist annähernd senkrecht zu den Wänden des Ganges.

Prasem ist ein durch Strahlsteinfasern grün gefärbter stengliger Quarz, der bei Breitenbrunn in Sachsen vorkommt. Von den alten Römern ist Prasem gern zu Gemmen benutzt worden, heute trifft man ihn im Edelsteinhandel kaum noch an.

Hornstein ist ein dichter, grauer oder gelblicher Quarz mit splittrigem Bruch, dessen Splitter wie Horn durchscheinen. Er ist immer eine Neubildung, liegt in rissigen Knollen im Boden verwitterter Gesteine oder überzieht andere Mineralien und bildet Pseudomorphosen nach diesen.

Chrysopras (Tafel 52, 18 und 19) ist Hornstein, der durch Nickelverbindung grün gefärbt ist. Wir erkennen an dem Stück der Figur 18 den splittrigen Bruch deutlich daran, dass die ansitzenden Splitter heller erscheinen als der kompakte Stein. Die Farbe ist nicht sehr beständig, schon bei geringer Temperaturerhöhung verschwindet sie; man erklärt dies durch die Annahme, dass die Färbung durch wasserhaltiges Nickelsilikat erzeugt werde, das durch Erwärmen sein Wasser verliert und verblasst. Er ist wie Hornstein eine Neubildung und findet sich mit Chalcedon auf Klüften im Serpentin bei Kosemütz und Baumgarten unfern Frankenstein in Schlesien. In neuerer Zeit kommt vielfach Chalcedon in den Handel, der durch Chrom grün gefärbt ist und dem Chrysopras zum Verwechseln ähnlich sieht. Chrysopras wird mugelig geschliffen und als Nadelstein getragen, ebene Platten werden bei Mosaikarbeiten verwendet.

Jaspis. Der Namen Jaspis ist seit alter Zeit in Gebrauch, wahrscheinlich hat man früher grauen Chalcedon und Nephrit (siehe bei diesem) darunter verstanden, heute gilt der Name für rote, undurchsichtige, matte Steine, die streng genommen, gar keine Mineralien, sondern Gesteine sind, denn es sind Gemenge verschiedener Mineralien, allerdings so feine, dass die einzelnen Gemengteile selbst unter dem Mikroskop nicht unterschieden werden können; die chemische Analyse beweist aber mit aller Sicherheit, dass es kein reiner Quarz ist; die Quarzmenge schwankt und sinkt bis unter 80%, der Rest verteilt sich auf Eisenoxyd, Ton, Eisenoxydulverbindungen und organische Substanz. Echter roter Jaspis ist der Kugeljaspis aus dem Bohnerzrevier von Auggen im südlichen Baden; mit ihm zusammen und oft an demselben Stück kommt auch gelber Jaspis vor, der rote bildet den Kern, der gelbe die Hülle der Kugeln. Grüner Jaspis wird bei Orsk am Uralfluss oberhalb Orenburg gewonnen und in Katharinenburg geschliffen, brauner Jaspis findet sich in gerundeten, von dem Wind durch Sand glatt polierten Knollen in der Wüste bei Kairo (Nilkiesel). Bandjaspis ist ein grün, braun und rot gebänderter Kieselschiefer aus dem Harz und dem Ural, der blaugraue Porzellanjaspis ist ein durch Kohlenbrände gebrannter Ton, Basaltjaspis ein durch Basalt geglühter Ton. Die zuerst genannten Jaspisarten eignen sich wegen ihrer gleichmässigen dichten Beschaffenheit für die Werke der Steinschneidekunst und sind seit alter Zeit zu Gemmen geschnitten worden, in der römischen Kaiserzeit war besonders der gleichmässig rote beliebt. Heute finden sie vorzugsweise zu Florentiner Mosaikarbeiten Verwendung, oder werden zu Dosen, Schalen, Tischplatten und andern Gerätschaften verarbeitet. Aus rot- und weissgestreiftem Jaspis (oder Eisenkiesel?) ist die auf Tafel 40a in Figur 1 abgebildete altbabylonische Cylindergemme geschnitten.

Tridymit.

So schön, klar und gross die Kristalle von Bergkristall sind, so unscheinbar und klein sind die von Tridymit, in denen dieselbe Substanz in anderer Form und mit anderen Eigenschaften vorliegt. Es sind dünne, sechsseitige Täfelchen (Tafel 54, 14), einfache Kristalle oder Durchkreuzungszwillinge, deren Durchmesser nur wenige Millimeter beträgt. Kristalle so gross wie der hier abgebildete sind immer schon selten. Sie sind trüb, matt, grau oder gelblich; die hier abgebildeten verdanken ihre grüne Farbe einem dünnen Ueberzug von chloritischer Substanz. Seine Substanz ist Kieselsäure, SiO_2, ihre Verschiedenheit von der des Quarzes gibt sich ausser in der Form in dem spezifischen Gewicht zu erkennen, das bei frischer Substanz nur 2,3 beträgt. Eigentlicher Verwitterung ist Tridymit so wenig wie Quarz ausgesetzt, und doch ist er unbeständiger als dieser, was besonders dadurch zum Ausdruck kommt, dass er in diesen übergeht. So zeigen die in Figur 14 abgebildeten Kriställchen nur die Form von Tridymit, ihre Substanz ist Quarz, ihr spezifisches Gewicht ist das von Quarz, unter dem Mikroskop würde man erkennen, dass ein Kriställchen aus vielen kleinen unregelmässig liegenden Quarzkörnchen besteht, die abgebildeten Kriställchen sind daher streng als Paramorphose von Quarz nach Tridymit zu bezeichnen. Im Bild kann man dies nicht sehen, darum ist es immerhin geeignet, uns eine richtige Vorstellung von der Form zu geben, besser als Kriställchen von frischem Tridymit, weil diese immer zu klein sind.

Tridymit findet sich in Hohlräumen von vulkanischen Gesteinen, besonders von Trachyt und Verwandten. So im Siebengebirge bei Bonn, am Mont Dore in der Auvergne, am San Cristobal bei Pachuca in Mexiko. Die abgebildeten stammen aus den Euganeen bei Padua. Auch in Meteoriten hat man Tridymit nachgewiesen, er hat da den besonderen Namen Asmanit bekommen.

Chalcedon und seine Varietäten.

Der Chalcedon ist eins der wenigen Mineralien, die wohl kristallinisch sind, aber niemals eine eigene Kristallform annehmen. Er bildet zapfenförmige, tropfsteinähnliche (Tafel 58, 10) oder nierenförmige (Tafel 58, 9) Gestalten, die im Innern mikroskopisch feinfaserig sind, feinsplitterigen Bruch besitzen (Tafel 57, 1) und in dünnen Splittern das Licht durchscheinen lassen. Die Fasern sind so fein und liegen so dicht nebeneinander, dass sie selbst im Mikroskop nicht recht hervortreten, erst wenn man einen dünnen Splitter oder Dünnschliff im polarisierten Licht untersucht, kann man deutlich erkennen, dass er aus feinsten Fasern aufgebaut ist, die büschelweise von vielen Punkten ausstrahlen. Die chemische Zusammensetzung ist die von Quarz, die physikalischen Eigenschaften sind aber andere, das spezifische Gewicht ist etwas geringer (2,60) und das optische Verhalten ist nicht ganz das gleiche. Die Farbe ist meist grau, bläulichgrau oder gelblich, intensiv gefärbte Chalcedone werden als besondere Varietäten unterschieden. Die Masse von Chalcedon ist bisweilen porös und kann Flüssigkeit aufsaugen, hängt darum an der Zange, anderer ist dagegen dicht, und häufig wechseln an demselben Stücke poröse und nicht poröse und darum hellere und dunklere dünne Schichten miteinander ab (Tafel 57, 1). Chalcedon, der in sich sehr gleichmässig beschaffen, ungestreift und dabei genügend porös ist, um Farbstoff aufzunehmen, wird in Idar und Oberstein **Massikstein** genannt, während der aus porösen und nicht porösen Schichten aufgebaute Chalcedon nach dem Hauptfundort gestreifter Serrastein heisst. Diese Arten bilden den Uebergang von ungestreiftem zu gestreiftem Chalcedon, dessen Hauptvertreter der bekannte Achat ist.

Auf der Porosität des Chalcedons beruht die Möglichkeit ihn zu färben und seit alter Zeit wird hiervon Gebrauch gemacht, freilich war die Kunst in Deutschland in Vergessenheit geraten und ist erst um das Jahr 1820 wieder allgemeiner bekannt geworden. Um Chalcedon schwarz zu färben, werden die gut getrockneten Steine einige Wochen in verdünnten warmen Honig gelegt, und nachdem sie sich möglichst gleichmässig vollgesogen haben, in Schwefelsäure gebracht; durch diese wird aus dem Honig Kohlenstoff ausgeschieden, der sich in feinstem Zustand in den Poren absetzt. Gleichmässig und einheitlich schwarzen Chalcedon aber will man meist nicht haben, sondern solchen, der aus verschiedenfarbigen Schichten besteht, dessen eine Schicht rein weiss, die andere tief schwarz ist; man erreicht dies bei dem ungestreiften Massikstein dadurch, dass man ihn zuerst mit Aetzkali behandelt, hierdurch wird er weiss, darauf mit Honig färbt, aber den Honig nur in die äusserste Schicht des Steins eindringen lässt; nach der Färbung wird die schwarze Schicht von der einen Seite weggeschliffen und der Stein ist fertig; besonders dünnere Platten, aus denen Manschettenknöpfe etc. hergestellt werden, werden in dieser Weise bearbeitet. Oder der Stein besteht aus Schichten, von denen die einen sich färben lassen, die andern nicht, diese geben den eigentlichen aus schwarzen und weissen Schichten bestehenden Onyx (Tafel 57, 5 und 6). Rote Färbung wird dadurch erzielt, dass der Stein mit einer Eisenlösung getränkt und darauf geglüht wird. Chalcedon, der von Haus aus genügend Eisen enthält und etwa gelb oder schwach rot gefärbt ist, wird durch Brennen dunkler rot. Werden die mit Eisenlösung getränkten Steine in eine Lösung von Ferrocyankalium gelegt, so wird durch dieses das Eisen als Berliner Blau gefällt und der Stein je nach seiner Porosität und der Menge des aufgenommenen Eisens hell- oder dunkelblau gefärbt. Solche blaue Chalcedone werden wohl an Badeorten als Lapis lazuli verkauft, sind aber doch leicht an ihrer grösseren Härte und auch daran zu erkennen, dass ihnen die eingesprengten Körnchen von Schwefelkies fehlen. Durchscheinender Chalcedon wird gelb gefärbt dadurch, dass er kurze Zeit in Salzsäure gelegt wird. In neuerer Zeit kommt viel grün gefärbter Chalcedon in den Handel, der seine Farbe immer Chromoxyd verdankt. Die Steine werden mit chromsaurem Ammoniak getränkt und geglüht, die genauere Zusammensetzung der chromsauren Lösung ist nicht bekannt, namentlich habe ich nicht ermitteln können, ob saure oder alkalische Lösung benutzt wird. Endlich wird Chalcedon in neuerer Zeit auch braun gefärbt, so dass durchscheinende Steine manchem Granat ähnlich sehen; die Steine werden mit einer Lösung von braunem Kandiszucker durchtränkt und dann gebrannt. Zur gleichmässigen Färbung eignet sich besonders der gut durchscheinende Massikstein und die zuletzt genannten Steine werden aus ihm hergestellt und zur Zeit in sehr grosser Menge geschliffen.

Chalcedon hat von jeher wegen seiner gleichmässig dichten Beschaffenheit das Hauptmaterial der Glyptik geliefert und nach Farbe und Zeichnung werden viele Varietäten unterschieden, wir nennen hier zuerst die des ungestreiften Chalcedons, darauf die des gestreiften und schliessen an diese den Achat an.

Zum **ungestreiften Chalcedon** gehört gemeiner Chalcedon, Plasma, Heliotrop, Karneol und Sarder.

Gemeiner Chalcedon ist durchscheinend und grau, graublau oder gelblich gefärbt, er lieferte das Hauptmaterial der jonisch-griechischen Glyptik des fünften und vierten Jahrhunderts und ist auch in allen späteren Zeiten benutzt worden. Die auf Tafel 40a in Figur 6 abgebildeten Rundwerke sind aus Chalcedon geschnitten. Es ist ein recht häufiges Mineral, aber genügend grosse, schleifwürdige Stücke kommen nur in wenigen Gegenden vor. Die auf unserer Tafel 58 in Figur 9 und 10 abgebildeten Stücke stammen aus Island, wo sie sich auf Blasenräumen vulkanischer Gesteine finden; der zart gestreifte Stein in Figur 1 der Tafel 57 stammt aus Uruguay, das mit der benachbarten brasilianischen Provinz Rio Grande do Sul

heute den meisten Chalcedon liefert, während er in früherer Zeit wohl hauptsächlich aus Indien, das reich an Chalcedon ist, gekommen sein mag. Aus Uruguay kommt auch der nierenförmige ringsum geschlossene Chalcedon, der im Innern Wasser enthält und darum Enhydros genannt wird. Die Chalcedonmandeln haben sich ursprünglich in einem Melaphyrmandelstein gebildet und finden sich jetzt, daraus ausgewittert, lose im Boden, sie haben ungefähr die Gestalt eines Laib Brot und erreichen einen Durchmesser von über einen Meter und ein Gewicht von mehreren Zentnern. Sehr zierliche Zapfen von Chalcedon kommen auf Schwerspat bei Gross-Umstadt im Odenwald vor, Pseudomorphosen von blauem Chalcedon nach Flussspat sind bei Trestyan in Siebenbürgen gefunden worden.

Baumstein ist ein Chalcedon, der auf einer Schicht im Innern zierliche baumförmige Zeichnungen besitzt. Ein kleines Bäumchen zeigt uns die Textfigur 207, ein besonders schönes Stück ist in Figur 1 der Tafel 55 abgebildet. Nach ihrer Form möchte man diese Gebilde wohl für Pflanzenreste halten, sie haben aber damit nichts zu tun, sondern sind dadurch entstanden, dass manganhaltige Lösungen in eine Schicht eingesickert und den färbenden Stoff abgesetzt haben. Darum ist die Färbung an der feinen Kluft, die in Figur 1 der Tafel 55 auf der rechten Seite vorhanden ist, besonders intensiv. Aehnliche, wenn auch nicht so feine Gestalten kann man erzeugen, wenn man zwischen zwei Blätter einen Tropfen Tinte bringt und sie dann fest zusammenpresst. Die Steine werden so geschliffen, dass die Zeichnung durch eine dünne Chalcedonschicht bedeckt bleibt, aber doch klar und scharf durch diese zu sehen ist. An der Schärfe unseres Bildes erkennen wir, dass der Chalcedon das Licht recht gut hindurchlässt. Steine mit solch schönen Zeichnungen sind recht teuer, der auf der Tafel abgebildete sollte 60 Mark kosten. In der Regel ist die Zeichnung viel weniger fein und dann haben die Steine natürlich nur geringen oder keinen Wert. Man findet sie im Edelsteinhandel manchmal als Broche gefasst, oder mehrere, mit immer wieder anderem Bild, zu einer Kette vereinigt, ihr Preis ist überraschend hoch, sobald das Bild pflanzliche Form gut nachahmt. Die besten Baumsteine kommen aus Ostindien.

Fig. 207.

Baumstein.

Andere enthalten Gebilde, die wie Mücken aussehen und heissen darum Mückenstein; sie kommen aus Montana.

Punktchalcedon oder Stephanstein heisst Chalcedon, der mit feinen roten Punkten von Eisenoxyd übersät ist; Moosachat, ein Chalcedon, der Chlorit oder Strahlstein in solcher Form und Farbe eingeschlossen enthält, die dem Moos zum Verwechseln ähnlich sieht. Diese an Einschluss reichen Chalcedone führen hinüber zu den gefärbten Varietäten.

Plasma, ein altbekannter Edelstein, ist ein durch Grünerde gleichmässig lauchgrün gefärbter Chalcedon und wird wohl auch grüner Jaspis genannt, unterscheidet sich aber von einem Jaspis dadurch, dass er das Licht durchscheinen lässt. Er galt als besonders heilkräftig für den Magen, wurde schon in archäischer Zeit in Griechenland zu Skarabäen verwendet und war besonders in der römischen Zeit sehr beliebt. Bis vor kurzem war dieser Stein nur durch antike Gemmen bekannt, seinen Fundort kannte man nicht. Man weiss jetzt, dass er in den vulkanischen Gesteinen des Dekkan in Ostindien vorkommt und man kann wohl annehmen, dass die Römer ihn von dort bezogen haben. Andere Vorkommen, wie bei Oppenau in Baden, sind so geringfügig, dass sie nicht in Betracht kommen.

Heliotrop kann man als Plasma bezeichnen, in das rote Punkte eingestreut sind. In Figur 17 der Tafel 52 ist ein geschnittener Heliotrop abgebildet. Da die Punkte

Digitized by Google

wie Bluttropfen aussehen, wird der Stein auch Blutjaspis genannt. Auch dieser Stein kommt über Bombay aus Ostindien, in neuerer Zeit auch aus Brasilien und Australien. Heliotrop ist in der späteren römischen Kaiserzeit und besonders in der Renaissance zu Gemmen verwendet worden, heute wird er zu Ring- und Nadelsteinen geschliffen.

Karneol ist roter Chalcedon, am geschätztesten sind tiefrote, klar durchscheinende Stücke. Die rote Färbung wird durch Eisenoxyd bewirkt, das dem Stein auf das feinste verteilt beigemischt ist. Oft ist der Karneol statt rot mehr gelblichrot gefärbt, weil er neben dem Eisenoxyd noch wasserhaltiges Eisenoxyd enthält; durch Glühen kann das Wasser ausgetrieben werden und der Stein bekommt dann die gewünschte rote Farbe. Von dem ebenso rot gefärbten Jaspis unterscheidet sich Karneol dadurch, dass er durchscheinend ist, während Jaspis undurchsichtig ist. Er kommt ebenso wie Chalcedon in Blasenräumen vulkanischer Gesteine oder daraus ausgewittert lose im Boden vor, schleifwürdiges Material ist im ganzen selten. Seit alter Zeit kommt Karneol aus Indien, wo er auch heute noch in verschiedenen Gegenden (Berge von Radschpipla bei Ratanpur am unteren Nerbudda und an anderen Orten im westlichen Indien) gewonnen wird. Für den aus Südamerika importierten Karneol wird als Fundort das Campo de Maia, 50 Meilen südlich von Rio Pardo, angegeben.

Im Altertum war Karneol ein beliebtes Material für Gemmen, sehr schöne Karneole befinden sich unter den etruskischen Skarabäen, die schönsten, klaren sind in dem Augusteischen Zeitalter geschnitten worden. Auch heute noch werden Gemmen aus Karneol gearbeitet, sonst dient er einfach geschliffen als Ring- und Nadelstein.

Sarder oder Sard ist ursprünglich der Name für Karneol (antik sarda) und hat seinen Namen von der Stadt Sardes bekommen, da er aus Indien über Sardes nach Griechenland importiert wurde. Heute verstehen wir unter Sarder hell- bis dunkelbraunen, fast schwarzen, durchscheinenden Chalcedon. Im vierten Jahrhundert v. Chr. gehörte Sarder zu den beliebtesten Steinen, heute ist er durch den braun gefärbten Massikstein, der von den Händlern Sardonyx genannt wird, fast vollständig verdrängt.

In **gestreiftem Chalcedon** wechseln die zuletzt genannten Farben mit rein weissen Schichten ab und man nennt heute einen Chalcedon, der aus abwechselnd einfarbigen und weissen Schichten besteht, Onyx und unterscheidet nach der Farbe:

eigentlichen Onyx, der aus schwarzen und weissen Schichten besteht,
Karneolonyx, der aus roten und weissen Schichten besteht, und
Sardonyx, der aus braunen und weissen Schichten besteht.

Diese Namen sind nicht die antiken; Onyx hiess im Altertum der orientalische Alabaster, das ist ein faseriger und streifiger Aragonit, Sardonyx hiessen Steine mit abwechselnden helleren und dunkleren Schichten. Was wir heute Sardonyx nennen, hiess bei den Alten wahrscheinlich aegyptilla. Nicolo ist ein Sardonyx mit undurchsichtigen dunkelbraunen, fast schwarzen Lagen, der besonders im ersten Jahrhundert v. Chr. beliebt war.

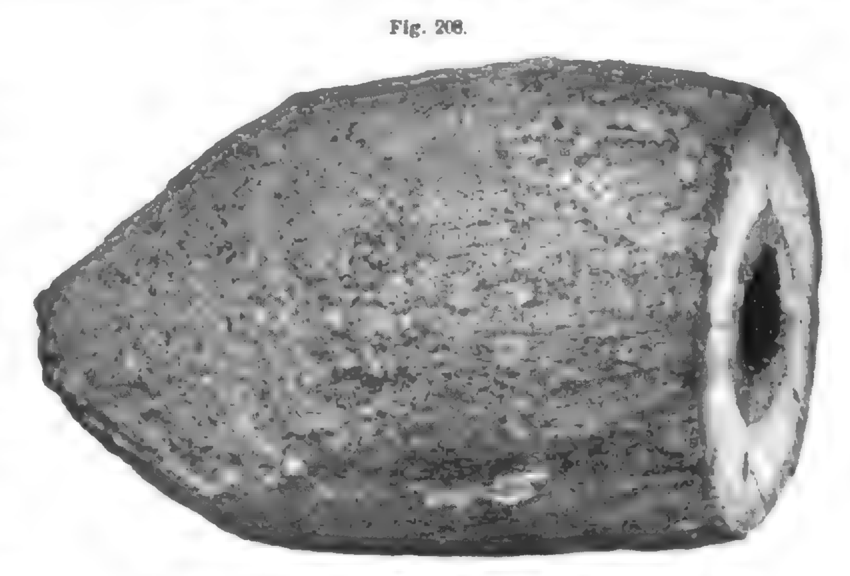
Der eigentliche Onyx (Tafel 57, 5 und 6) kommt mit der tiefschwarzen Farbe nur selten in der Natur vor, der meiste ist gefärbt, ebenso ist viel Karneolonyx gefärbt oder seine Farbe ist durch Glühen gesteigert, auch in Sardonyx sind die braunen Lagen oft künstlich gefärbt. Die zuletzt genannten Arten des ungestreiften Chalcedons, Karneol und Sarder, sind oft nur aus gestreiftem Chalcedon herausgeschnittene Lagen und wie dieser künstlich gefärbt, und Onyx wieder mit seinen Unterarten unterscheidet sich in nichts Wesentlichem von Achat, so dass alle diese Steine unter dem Sammelnamen Achat zusammengefasst werden können.

Speziell die Onyxarten und von diesen wieder Sardonyx haben von jeher das beste Material für die Gemmen geliefert und die ausgezeichnetsten Kameen sind aus Sardonyx geschnitten. So ist die grosse Gemma Augustea (Tafel 58a) aus einem Sardonyx von zwei Lagen, die Ptolemäerkamee (Tafel 40a) aus einem solchen von neun Schichten unter geschicktester Ausnutzung der verschiedenfarbigen Lagen geschnitten. Auch heute noch werden Kameen aus Onyx besonders in Italien geschnitten, die meisten modernen italienischen Kameen aber sind Muschelkameen, die aus den dicken und mehrfarbigen Gehäusen gewisser Schneckenarten geschnitten werden.

Die Fundorte von diesen Onyxarten sind dieselben wie von Achat, wir werden sie daher bei diesem besprechen.

Achat (Tafel 57), der allgemein bekannte Schmuckstein, ist ein gestreifter Chalcedon, zwischen dessen Schichten sich oft solche von Quarz oder Amethyst einschieben. Die charakteristische Beschaffenheit von Achat hängt mit der Art seines Vorkommens und seiner Entstehung eng zusammen, er findet sich vorzugsweise als Ausfüllung von Blasenräumen in Melaphyr, einem Gestein, das einstmals als Lava geflossen ist und in dem sich durch entweichende Dämpfe grosse Blasen gebildet hatten. Diese sind von Achat ausgefüllt, wie eine Mandel von dem Kern, man nennt daher das Gestein Melaphyrmandelstein, den Achat in den Blasen Achatmandel. Ihre Form ist der Abguss des Blasenraums, bald kugelig, birnförmig, mandelförmig oder brotlaibförmig (Textfigur 208). Die Achatschichten der Mandel schmiegen sich der äusseren Form auf das engste an und jede einzelne ist in ihrem ganzen Umfang überall gleich dick. Wir sehen dies in den Figuren 2 auf Tafel 55 und 3 auf Tafel 57.

Fig. 208.



Achatmandel von Göttenbach bei Oberstein; von der Seite. Zwei Drittel der natürlichen Grösse.

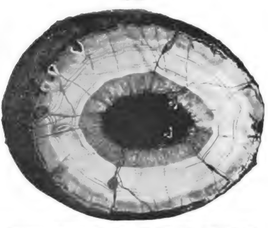
Ihre Dicke ist oft äusserst gering, der bekannte Physiker Brewster zählte 17000 Schichten auf einen Zoll Dicke, meist allerdings scheinen die Schichten viel dicker zu sein. Infolge dieser feinen Schichtung erscheinen dünne Platten manchmal farbig, weil durch sie ein Beugungsspektrum erzeugt wird, ähnlich wie durch ein Prisma, nur weniger scharf; man nennt solchen Achat Regenbogenachat, in dickeren Stücken zeigt er einen wogenden Lichtschein.

Nur an einzelnen Stellen sind die Schichten dem Rande nicht parallel, nämlich da, wo die Lösungen eingedrungen sind, aus denen sich die Achatmasse abgesetzt hat, an den sogenannten Spritzlöchern oder Infiltrationskanälen. Während der Bildungszeit einer Achatmandel hat das Spritzloch oft mehrmals gewechselt, seine Stelle ist immer an einer Ausbiegung der Schichten zu erkennen. An der Figur 2 auf Tafel 55 ist das zuletzt geöffnet gewesene Spritzloch sehr deutlich, zwei ältere geschlossene sind angedeutet. An einer vollständigen Achatmandel sind sehr viele solcher Spritzlöcher vorhanden, auf der in Textfigur 209 abgebildeten sehen wir auf dem einen Querschnitt

Digitized by Google

wenigstens acht, die meisten sind geschlossen, einzelne aber noch offen. Das Innere einer Achatmandel ist oft hohl (Figur 209), die letzte Schicht besteht dann aus Quarz oder Amethyst, der mit zahllosen Spitzen in den Innenraum hineinragt, auf ihm sind als letzte Bildung oft Kristalle von Kalkspat, Harmotom, Phillipsit oder Chabasit ausgeschieden, in ihm und auf ihm bisweilen Goethit oder Manganit; eine grüne, erdige, chloritische Substanz, Delessit genannt, schiebt sich manchmal noch zwischen Achat und das Gestein, in dem die Mandel liegt, das Gestein selbst ist immer stark verwittert.

Fig. 209.



Achatmandel von Göttenbach bei Oberstein; im Querschnitt. Natürliche Grösse.

Alles dies ist zu berücksichtigen, wenn man die **Entstehung der Achatmandeln** zu erklären versuchen will. Dass sie aus wässrigen Lösungen abgeschieden sind, ist sicher, dass die Lösungen heiss gewesen sind, wahrscheinlich; man nimmt an, dass heisse Gewässer das Gestein, vielleicht bald nach seiner Entstehung, durchtränkten, die Mineralien darin zersetzten und Stoffe aus ihnen aufnahmen und dass die Lösungen wie in einem Geisir als intermittierende Quellen auf- und abgestiegen sind. Sobald die aufsteigende heisse Lösung einen Blasenraum erreichte und um die Wand herumgeflossen ist, ist ein Teil ihres Wassers verdunstet, die Lösung ist hierdurch abgekühlt und durch beides für den einen gelösten Bestandteil, die Kieselsäure, übersättigt worden; diese ist hierdurch als äusserst dünnes Häutchen abgeschieden und, so nimmt man an, durch den Dampfdruck an die Wand gepresst und fest geworden, ehe sich die nächste Schicht abschied; so erklärt man es, dass jede Schicht, von der Schwerkraft unbeeinflusst, gleichmässig dick geworden ist und den Wänden sich genau anschmiegt. Dass die Kieselsäure als Chalcedon ausgeschieden ist, mag mit der anfänglichen Entstehungsgeschwindigkeit und der hohen Temperatur der Lösungen zusammenhängen, später, nachdem beides abgenommen hatte, ist sie als Amethyst kristallisiert. Mit dieser angenommenen Entstehungsweise ist auch der Aufbau des Amethystes aus rechts- und linksdrehender Quarzsubstanz in Verbindung gebracht und die Ansicht ausgesprochen worden, dass die eine Art Schichten aus dem Wasser der aufsteigenden Therme, die mit dem entgegengesetzten Sinn der Drehung aus dem Wasser der absteigenden Therme abgeschieden sei. So sehr diese Erklärung auch einleuchten mag, so ist doch nicht zu vergessen, dass auch andere Mineralien, z. B. Malachit, den gleichen Aufbau erkennen lassen, ohne dass zu ihrer Entstehung Geisirtätigkeit angenommen werden könnte und dass, solange die Spritzlöcher offen sind, ein Dampfdruck nicht gut zur Wirkung kommen kann. So recht befriedigt daher die oben gegebene Erklärung nicht, wir müssen jedenfalls zugeben, dass ein

Digitized by Google

ähnlicher Aufbau auch ohne Geisirtätigkeit zustande kommen kann, vermutlich dadurch, dass sich eine äusserst dünne Schicht nach der andern abscheidet, die durch die Kapillarattraktion an der Unterlage festgehalten wird.

Nicht immer sind die Achate in der beschriebenen Weise gebaut; manche aus Südamerika stammende Steine (Tafel 57, 2) enthalten eine Lage ganz ebenflächiger Schichten, darüber solche, die sich, wie in dem gewöhnlichen Achat, der Wand genau anschmiegen und deren Kern aus Quarz oder Amethyst, oft von Achatschichten noch einmal unterbrochen, besteht. Die Bildungsverhältnisse sind hier im allgemeinen gleich, im einzelnen etwas abweichend gewesen. Die horizontalen Lagen sind offenbar eine Bodenschicht und mehr aus stehender als aus zirkulierender Lösung abgeschieden, später traten Verhältnisse wie bei der normalen Achatbildung ein mit dem Unterschied, dass es nach den ersten Quarzbildungen noch einmal zur Ausscheidung von Achat gekommen ist. Auch kann es vorkommen, dass Blasenräume zuerst von tropfsteinähnlichem Chalcedon, wie in Figur 10 auf Tafel 58 abgebildet, dann von horizontal geschichtetem Achat ausgefüllt werden. In diesen Fällen macht sich die Wirkung der Schwerkraft bemerkbar, die ebenflächigen Schichten liegen ursprünglich genau horizontal, die Zapfen hängen lotrecht von der Wand herab, die Adhäsion des Wassers an der Mandelwand und der Dampfdruck des verdunsteten Wassers spielen hier nicht die Rolle, die ihnen bei der Bildung des Achates zugeschrieben wird. Nach der Form der einzelnen Schichten unterscheidet man wohl Festungsachat, Augenachat, Kreisachat, Bandachat u. s. w., was aber weiter keine besondere Bedeutung hat.

Eine besondere Achatart ist der Trümmerachat (Tafel 57, 4), er hat in der Erde noch mehr erlebt als der gewöhnliche Achat; es ist ein Bandachat, der durch Bewegung der Erdkruste zertrümmert und durch Kieselsäure wieder verkittet ist.

Die ursprüngliche Färbung der Achate ist meist sehr matt, blassrote, gelbliche, rötliche Schichten wechseln mit grauen durchscheinenden und weissen ab, aber auch intensiv rote und braune Farben kommen vor, die meisten geschliffenen Achate sind gebrannt oder in der vorher (Seite 278) angegebenen Weise künstlich gefärbt.

Schleifwürdiger Achat kommt nur in wenigen Gegenden, hier aber zum Teil in Massen vor. Früher sind gute Achate in der Gegend von Idar und Oberstein aus dem Melaphyrmandelstein gegraben worden und auch heute werden gelegentlich noch gute Steine gefunden, sie spielen aber gar keine Rolle; sie zeichnen sich durch ganz reinweisse und bläulichrote Schichten vor anderen aus. Die in den Textfiguren 208 und 209 abgebildete Mandel wurde in dem Melaphyr zwischen Oberstein und Idar gefunden. Band- und Trümmerachat tritt gangförmig in einem Quarzporphyr bei Rochlitz in Sachsen auf, hat aber für die Industrie keine Bedeutung; der meiste Achat kommt heute aus Uruguay und der benachbarten brasilianischen Provinz Rio Grande do Sul, an zweiter Stelle steht das Hochland von Dekkan mit den Lagern von Ratanpur am untern Nerbudda und von Radschkot auf der Halbinsel Kathiawar; in allen diesen Ländern ist Achat an Melaphyr gebunden oder findet sich, aus diesem herausgewittert, lose in dem Boden. Ein Teil der Steine, besonders der indischen, wird in den Heimatländern geschliffen, aus Brasilien sehr viel nach Deutschland importiert und in den Schleifereien von Idar und Oberstein an der Nahe und Waldkirch in Baden geschliffen, um von hier aus wieder in alle Weltgegenden exportiert zu werden; es gibt gewiss keinen grösseren Badeort, an dem nicht Obersteiner Achatwaren zum Kauf angeboten würden.

Verwendung: Achat ist von jeher mehr als ein anderer Stein der Mode unterworfen gewesen, schon Plinius berichtet von ihm: in magna fuit auctoritate, nunc in nulla und das könnte man heute wieder sagen. Zum erstenmal war er in der mykenischen

Epoche sehr beliebt, dann wieder in der Zeit vor Alexander dem Grossen, später verschwand er, wenigstens aus der antiken Glyptik, vollständig. Den letzten grossen Aufschwung nahm die Achatindustrie in den zwanziger Jahren des vorigen Jahrhunderts, nach Entdeckung der Färbmethoden und der Auffindung des Achates in Uruguay (1827), um in der Mitte des Jahrhunderts den Höhepunkt zu erreichen. Später erstand im Tigerauge ein grosser Konkurrent und heute wird Achat als Schmuckstein (für Nadel- und Ringstein, Knöpfe, Kinderringe etc.) im Verhältnis gegen früher nur wenig mehr getragen, wohl aber wird er zu mancherlei andern Dingen, praktischen und auch recht unpraktischen, verarbeitet. So gibt Achat ein ausgezeichnetes Material für Reibschalen, Kompasshütchen, Träger für die Achsen feiner chemischer Wagen. Ferner werden Briefbeschwerer, Messergriffe, Schreibzeuge, Federhalter, Kugeln für Stockgriffe, Dosen und Schalen, Petschafte und vielerlei andere Gerätschaften aus Achat hergestellt, die Achatindustrie in Oberstein und Idar hat darum immer noch ihre grosse Bedeutung, und niemand, der in diese Gegend kommt, sollte versäumen, sich eine Schleiferei (Figur 192) anzusehen und das Gewerbemuseum in Idar zu besuchen, es ist doch eine ganz eigenartige Industrie, die hier alle Bewohner beschäftigt und die nirgends auf der Erde in dieser Ausdehnung ihresgleichen hat. Sie umfasst ja nicht nur den eigentlichen Achat, sondern auch Onyx und alle genannten Varietäten von Chalcedon, Quarz, Opal und alle die andern Edelsteine bis hinauf zu Diamant.

Opal.

Opal unterscheidet sich äusserlich von Chalcedon dadurch, dass seine Bruchfläche wohl muschelig, aber immer dicht ist (Tafel 58, 1), auch mit dem Mikroskop kann man keine Spur von kristallinischer Beschaffenheit an ihm wahrnehmen, er ist amorph, seine äussere Form ist nur unter dem Einfluss der Schwerkraft gebildet, darum tropfsteinförmig oder traubig, seine Substanz war bei Bildung der Form untätig. Meist hat er sich überhaupt nicht frei entwickelt, sondern hat sich auf Klüften und Spalten abgeschieden und füllt diese ganz aus.

In seiner chemischen Zusammensetzung weicht Opal von Chalcedon und Quarz insofern ab, als er die Kieselsäure mit Wasser gebunden enthält, der Wassergehalt ist aber schwankend und steigt von einem bis zu zwanzig Prozent, man kann Opal als eine Kieselgallerte ansehen, die anfänglich weich und wasserreich war und allmählich eingetrocknet und fest geworden ist. Durch heisse Kalilauge wird sein feines Pulver aufgelöst, sein spezifisches Gewicht schwankt von 2—2,3, die Härte liegt zwischen $5^1/_2$ und $6^1/_2$, das Lichtbrechungsvermögen ist sehr gering ($n = 1{,}45$), der Grad der Durchsichtigkeit ist sehr verschieden, es gibt wasserhellen, aber auch ganz undurchsichtigen Opal. Nach diesen Eigenschaften würde Opal sich sehr wenig als Schmuckstein eignen, wenn er nicht in manchen Vorkommnissen schön gefärbt wäre, in andern ein Farbenspiel zeigte, das von keinem andern Mineral erreicht wird. Nach der Färbung werden verschiedene Varietäten unterschieden, die wir in der Reihenfolge, wie sie als Edelstein Bedeutung haben, hier folgen lassen.

Edelopal ist vor allen andern Opalarten durch sein lebhaftes Farbenspiel ausgezeichnet. Seine Farbe im durchfallenden Licht ist sehr unscheinbar, milchigweiss bei den ungarischen aber auch bei australischen, bräunlichgelb bei den meisten australischen und dunkelbraun bei den japanischen; um so lebhafter sind die Farben im auffallenden Licht (Tafel 58, 5—8), leuchtend grüne, blaue und rote Farbe treten da auf, bald so, dass auf breiteren Flächen nur eine Farbe glänzt (Figur 7), bald von Punkt zu Punkt verschieden (Figur 5), bald ineinander verfliessend (Figur 6), immer wechselnd und in jeder

Stellung leuchtend, einmal mit grellen Farben, dann wieder mit zarteren Tönen. Dies Farbenspiel rührt wahrscheinlich von mikroskopisch feinen Rissen her, welche die Opalsubstanz durchsetzen und in denen das Licht zur Interferenz kommt; sie sind ihrer Natur nach mit den Farben zu vergleichen, in welchen die aufgeblasenen Seifenblasen glänzen kurz ehe sie zerplatzen.

Edelopal kommt meist mit anderem Opal zusammen als Neubildung in den verschiedenartigsten Gesteinen vor, in vulkanischem Trachyt und seinem Tuff, in Sandstein, Eisenstein und in versteinertem Holz und selbst als Versteinerungsmittel von Muscheln und Schnecken. Die seit alten Zeiten, wahrscheinlich schon von den Römern ausgebeuteten Fundorte liegen beim Dorfe Czerwenitza zwischen Kaschau und Eperies in Ungarn, wo sie in Schnüren und Nestern auf einem grauen, stark verwitterten Trachyt vorkommen. Das Gestein selbst ist von Edelopal durchschwärmt und wird Opalmutter genannt, der Opal wird aus ihm durch regelrechten Bergbau gewonnen. Die ungarischen Opale sind immer noch die feinsten und wertvollsten von allen, ihnen stehen gewisse australische Opale am nächsten. In Australien wird Edelopal in guter Qualität und grosser Menge in den Opalminen von White Cliffs, Yanulgra Co. in Neu-Süd-Wales gewonnen. Er findet sich hier als Ausfüllung kleiner Sprünge in verschiedenen, zum Teil sehr harten quarzitischen Gesteinen, als Bindemittel eines Sandsteins, als Versteinerungsmittel von Holz und zwischen den Fugen von versteinertem Holz, als Versteinerungsmittel von Muscheln und andern Tierresten und in Pseudomorphosen nach einem nicht sicher zu bestimmenden Mineral. Dieser Opal hat zum Teil die helle Grundfarbe des ungarischen und steht ihm an Schönheit des Farbenspieles nicht nach. Anderer Opal wird in Queensland gewonnen, er bildet hier an einzelnen Stellen Schnüre und Nester in einem eisenschüssigen braunen Gestein (Tafel 58, 6 und 7) und findet sich so am Baracoo River, bei Bulla Creek und wie es scheint in vielen andern Gegenden in Queensland; charakteristisch für ihn sind blaue und grüne Farben in breiten Flächen. In Mexiko wird Edelopal bei Esperanza, nordwestlich von San Juan del Rio im Staate Queretaro gewonnen, er scheint aber im europäischen Edelsteinhandel keine grosse Rolle zu spielen, das gleiche gilt von dem Edelopal aus Honduras. Ein kleines Stück mexikanischen Opals mit brennend grüner und roter Farbe ist in Figur 8 auf Tafel 58 abgebildet. In neuerer Zeit kommt ein dunkelbrauner, undurchsichtiger Opal mit einem Farbenspiel wie der Edelopal aus Japan in den Handel und wird in Oberstein geschliffen; es ist ein feiner, ganz eigenartiger Stein.

Verwendung. Edelopal wird fast immer mugelig, selten eben geschliffen und ist seit alter Zeit ein beliebter Schmuckstein; früher gehörte er zu den seltenen Edelsteinen, seitdem australischer Opal in so grosser Menge importiert wird, ist der Markt zeitweise mit minderwertigem Opal überschwemmt, der feine Opal steht immer noch hoch im Wert. Als Ringstein oder Nadelstein, mit kleinen Brillanten gefasst, wird er an lieblicher Farbenwirkung kaum von einem andern Edelstein übertroffen.

Feueropal (Tafel 58, 2) heisst der mit braunroter, dunkelgelber oder auch hellgelber Farbe durchsichtige oder durchscheinende Opal, er ist in der Farbe dem gelben Topas sehr ähnlich, hat aber doch meist einen ganz schwachen milchigen Schein und lässt sich sofort von Topas oder gelbem Quarz durch Anfühlen unterscheiden, indem er sich im Vergleich zu diesem immer warm anfühlt; auch durch das spezifische Gewicht könnte man sie unterscheiden, das bei Opal viel geringer ist als bei Quarz und gar Topas. Er findet sich bei Villa secca in der Nähe von Zimapan in Mexico in einem trachytischen Gestein; von hier ist auch das abgebildete, nur an den Kanten durchscheinende, recht dunkelbraune Stück mit noch anhängendem Muttergestein.

Feueropal wird im ganzen wenig geschliffen, die Steine bekommen Facettenschliff, die grosse Tafelfläche wird manchmal ganz flach gewölbt geschliffen, es sind recht feurige, wirkungsvolle und nicht ganz billige Steine.

Hyalith ist farblos, glasartig, heisst darum auch Glasopal und hat rundliche Oberfläche, bald bildet er nur einzelne kleine Tropfen, die wie Tautropfen auf anderen Mineralien sitzen, bald traubige Partien (Tafel 58, 4), die auf dem Gestein aufgewachsen sind, bald dünne Krusten, die die Oberfläche des Gesteins wie eine Glasur überziehen. So findet er sich im Basalt von Steinheim bei Hanau, an der Limburg im Kaiserstuhl bei Freiburg i. B., bei Waltsch in Böhmen und an manchen andern Orten, fast immer auf basaltischen Gesteinen. Ihm ähnlich aber weniger klar ist der Perlsinter von St. Fiora in Toscana, so genannt, weil der Schimmer an den der Perlen erinnert.

Halbopal (Tafel 58, 1) ist matt, weiss oder gelblich, nur an den Kanten durchscheinend, die Bruchfläche ist muschlig, er ist der Typus eines amorphen Minerals. Findet sich als Ausscheidung auf Klüften im Basalt von Steinheim bei Hanau. Zwischen Halbopal und dem, was man gemeinen Opal nennt, besteht kein wesentlicher Unterschied. Einzelne Vorkommnisse haben wegen ihrer Farbe oder aus anderem Grund besondere Namen bekommen, einige von ihnen werden als Schmuckstein verwendet, so der durch Nickel grün gefärbte Prasopal von Kosemütz bei Frankenstein in Schlesien, der sich von dem ebenso gefärbten Chrysopras nur dadurch unterscheidet, dass er völlig amorph ist. Pechopal ist dunkelbraun bis schwarz und findet sich bei Homberg an der Ohm in Hessen und Telkebanya in Ungarn, von hier kommt auch der Wachsopal, so genannt, weil er wachsgelb ist und wie Wachs glänzt. Hydrophan ist ein trüber bräunlicher Opal, der im Wasser klar wird, weil er solches aufnimmt und die Poren hierdurch ausgefüllt werden; mancher zeigt dann sogar das Farbenspiel des Edelopals, aber nur so lange als er feucht ist, es ist das »Weltauge« der alten Mineralogen.

Holzopal ist durch Opal versteinertes Holz, die Holzstruktur ist, wie wir an dem in Figur 3 der Tafel 58 abgebildeten Stück sehen, noch recht gut erhalten. Opalsubstanz ist auch der Kieselsinter, der von den Geisiren auf Island und im Yellowstone river-Gebiet, dem an Naturwundern so reichen Nationalpark der Vereinigten Staaten, abgesetzt wird, die Diatomeenerde, Kieselguhr und der Polierschiefer, die aus den Kieselpanzern mikroskopisch kleiner Algen bestehen. Diese Algen, Diatomeen, haben eine grosse Vermehrungsfähigkeit und ihre Panzer bilden in manchen Gegenden ausgedehnte und mächtige Lager, die vielfach abgebaut werden, denn die Diatomeenerde wird als schlechter Wärmeleiter zur Umhüllung von Wasser- und Dampfröhren, ausserdem mit Nitroglycerin zur Fabrikation von Dynamit benutzt.

Hier sei schliesslich der bekannte Feuerstein genannt, graue oder buntfarbige Kieselknollen in der Schreibkreide, die an Foraminiferen, Nadeln von Kieselschwämmen und anderen organischen Resten reich sind und sich in der Kreide durch Konzentration der Kieselmassen gebildet haben; häufig Versteinerungsmittel von Seeigeln. Auf Rügen, in Frankreich und in England sowie in den durch Gletscher über die norddeutsche Tiefebene verbreiteten Geschieben ist Feuerstein häufig.

Wir begnügen uns mit den hier genannten Varietäten von Opal; es ist eigentlich recht unnötig, von einer amorphen Substanz so viele Varietäten zu unterscheiden und mit besonderem Namen zu belegen, die Unterschiede sind doch alle sehr unwesentlich und bestehen bald in der Farbe, bald in der Porosität oder nur in der Art des Vorkommens.

Von den Mineralien, die wir in diesem Abschnitt nicht genannt haben, werden noch die folgenden als Schmuckstein benutzt:

Malachit, Dioptas, Eisenglanz, Schwefelkies, Titanit, Rhodonit, Mondstein, Amazonenstein, Sonnenstein, Labrador, Hypersthen, Diopsid und Hiddenit, Nephrit und Jadeit, Chrysolith, Cordierit, Prehnit und Thomsonit, Flussspat, Apatit und Bernstein. Die ersteren bis einschliesslich Rhodonit haben wir bereits im vorhergehenden Abschnitt kennen gelernt, die andern werden uns in den folgenden begegnen. Ihre Hauptbedeutung liegt nicht in der Verwendung als Edelstein, darum haben wir sie nicht in diesen Abschnitt, sondern je nach ihrer Bedeutung in den vorhergehenden oder die nachfolgenden aufgenommen.

Digitized by Google

Gesteinsbildende Silikate und verwandte Mineralien.

Allgemeines.

Die Mineralien, die wir bisher kennen gelernt haben, sind die Verzierungen in dem gewaltigen Bau unserer Erde, nur der Quarz gehört schon zu den Bausteinen selbst. Die Mineralien, aus denen die Bausteine bestehen, haben meist ein bescheidenes Gewand, die glänzenden Farben sind ihnen fremd. Die Erze sind die Fürsten, die Edelsteine die Edlen und Adligen in dem Mineralreich, die gesteinsbildenden Mineralien sind die schlichten Arbeiter, das Fundament des Reiches. Keine von diesen Gruppen möchten wir missen, keine ist entbehrlich.

Ein Gestein haben wir früher (Seite 7) als eine Vereinigung von Mineralien zu einer geschlossenen Gesellschaft bezeichnet; die Gesellschaft ist immer klein, nur wenige Mineralien gehören zu einem bestimmten Gestein, und im ganzen nur wenige Mineralien bilden die Gesamtheit der Gesteine und in diesen die feste Erdkruste.

Auf sehr verschiedenem Wege sind die Gesteine dahin gekommen, wo wir sie jetzt finden. Viele hat die Erde aus sich heraus geboren, wie die Lavamassen, die heute noch an den Vulkanen hervorbrechen und in früheren Endperioden in der gleichen Weise hervorgebrochen sind. Es sind die aus feurigem Fluss erstarrten Ergussgesteine und ihre Begleiter, die vulkanischen Aschen und Schlacken, oft noch lose, wie sie aus der Luft niedergefallen sind, oft fest miteinander zu Tuff verkittet. Die Ergussgesteine lassen an ihrer Oberfläche alle Anzeichen schneller Erstarrung erkennen, sie sind schlackig und blasig, oft reich an Glas mit tau- oder gekröseartigen Oberflächenformen, denen ähnlich, die wir an zähem, aus einem Fass geflossenen Asphalt manchmal zu beobachten Gelegenheit haben. Ihre Mineralien sind oft ringsum ausgebildet und liegen in einer mehr oder weniger dichten Grundmasse eingebettet, wie der Leuzit in Figur 1 der Tafel 62 und der Nephelin in Figur 6 derselben Tafel. Von einem solchen Gestein, bei dem sich Grundmasse und Einspringlinge unterscheiden lassen, sagt man, es habe porphyrische Struktur, und diese ist für die Ergussgesteine charakteristisch. Nach ihrem wesentlichen Mineralbestand können etwa die folgenden wichtigsten Ergussgesteine unterschieden werden:

Quarzporphyr mit Quarz, Kalifeldspat und Magnesiaglimmer;
Trachyt mit Kalifeldspat und Hornblende;
Phonolith mit Kalifeldspat, Nephelin und Hornblende;
Andesit mit Kalknatronfeldspat und Hornblende oder Augit;
Basalt, Melaphyr und Diabas mit Kalknatronfeldspat, Augit mit oder ohne Olivin;
Tephrit und Basanit mit Kalknatronfeldspat, Leuzit und Augit ohne oder mit Olivin;
Nephelinbasalt und Leuzitbasalt mit Nephelin oder Leuzit, Augit und Olivin.

Andere Gesteine sind gleichfalls aus unbekannten Tiefen der Erde emporgedrungen, haben aber nicht die Oberfläche erreicht, sondern sind innerhalb der Kruste stecken geblieben und hier fest geworden, es sind die Tiefengesteine, die oft in gewaltigen Massen den Kern hoher Gebirge bilden. Sie sind allem Anschein nach langsam erkaltet, ihre

Mineralien haben sich nahezu gleichzeitig ausgeschieden, das eine hat das andere in der Ausbildung gestört, statt ringsum ausgebildeter Kristalle treffen wir in den Tiefengesteinen regellos begrenzte Körner (Quarz, Feldspat, Glimmer, Hornblende, Diallag, Olivin). Obwohl diese Gesteine innerhalb der Erdkruste in der Tiefe fest geworden sind, treten sie jetzt doch an vielen Punkten der Erdoberfläche zutage, weil sie durch die abspülende Tätigkeit des Wassers blossgelegt oder durch Bewegungen und Verschiebungen in der Erdkruste an die Oberfläche gelangt sind. Nach der Ausbildung der Mineralien besitzen die Tiefengesteine körnige Struktur, nach dem wesentlichen Mineralbestand werden die folgenden wichtigsten Arten unterschieden:

Granit mit Kalifeldspat, Quarz und Glimmer;
Syenit mit Kalifeldspat und Hornblende;
Elaeolithsyenit mit Kalifeldspat, Hornblende und Elaeolith;
Diorit mit Kalknatronfeldspat und Hornblende;
Gabbro mit Kalknatronfeldspat und Diallag mit oder ohne Olivin.

Da, wo sich in dem erstarrenden und schrumpfenden Gestein Klüfte und Höhlungen aufgetan hatten, finden wir sitzende Kristalle, so in Granit den früher (Seite 9) schon besprochenen Feldspat und Quarz, Rutil und Titanit und viele der Mineralien, die wir in dem vorhergehenden Abschnitt kennen gelernt haben.

Die aus der Tiefe emporquillenden heissflüssigen Massen sind immer mit überhitztem Wasser innig gemengt, das bei der Erstarrung der Gesteine frei wird, als Dampf oder heisse Lösung sich einen Ausweg sucht und hierbei oft schon die eben entstandenen Mineralien des Gesteins verändert und zerstört. Es mag sein, dass die Mineralien, die wir als Zeolithe kennen lernen werden, in diesem Stadium sich gebildet haben, vielleicht sind viele von ihnen erst spätere Verwitterungsprodukte. Dieselben heissen Lösungen haben auch die Nachbargesteine durchdrungen, deren Stoffe teilweise gelöst und umkristallisiert und in ihnen die Kontaktmineralien erzeugt, von denen wir die wichtigsten (Andalusit, Granat, Vesuvian, Spinell) schon kennen gelernt haben.

Die Gesteine, welche die Erdoberfläche bedecken, sind hier immerwährenden Temperaturschwankungen ausgesetzt, sie werden von zahllosen Rissen und Sprüngen durchzogen, die dem Wasser den freien Zutritt gestatten, das gefrierende Wasser dehnt sich aus, sprengt den Fels und lockert sein Gefüge. Bald siedeln sich niedere Pflanzen an, die an dem Gestein festhaften, sich in die feinsten Poren eingraben, um ihre zum Leben nötigen Stoffe, soweit sie diese nicht aus der Luft und dem Wasser entnehmen, aus dem Gestein aufzusaugen. Aus den absterbenden Pflanzen wird Kohlensäure gebildet, die im Verein mit Wasser die Mineralien der Gesteine angreift und zerstört; aus dem festen Gestein entsteht so allmählich ein lockerer Boden, der den höheren Pflanzen sicheren Halt und reiche Nahrung bietet, der zur Besiedelung einladet Pflanzen und Tiere.

Der aufgelockerte Boden wird ein Spiel des fliessenden Wassers; je stärker das Gefälle des Wassers, desto grösser seine Gewalt, es trägt ab im Gebirge, schwemmt an in der Ebene und bildet neues Land am Strande und in der Küstenzone des Meeres. Seit die Erde besteht, hat sich manches Alpengebirge aus ihr emporgehoben, aber ebenso lange ist auch das Wasser auf ihr tätig; steter Tropfen höhlt den Stein, das Wasser ist ein Feind der Berge und bleibt in dem Aeonen dauernden Kampfe immer Sieger. Das höchste Gebirge wird im Laufe der geologischen Zeiten abgetragen und eingeebnet, und nur die jüngsten Gebirge sind es, die sich als Kettengebirge über die Erdoberfläche hinziehen, gewaltige Gebirge für das Empfinden des Menschen, nur feine Runzeln der Oberfläche im Verhältnis zum Durchmesser der Erde. Die abgetragenen und an andern Stellen wieder abgelagerten Massen bilden die Trümmergesteine, die sich wie dünne Schalen um

Digitized by Google

den Kern der Erde lagern. Sie enthalten Mineralien und Gesteinsbrocken, abgerollt und abgeschlämmt, die Trümmer der ehemals festen Felsen und hohen Gebirge. Solche Trümmergesteine sind die Konglomerate und Grauwacken, Sand und Sandstein, Ton und Tonschiefer, Mergel und Lehm. In ihnen selbst treten nur selten schön kristallisierte Mineralien auf, so Kalkspat in Sand, Gips in Ton, Schwefelkies in Tonschiefer, wohl aber sind sie wie die Tiefengesteine oft von Gängen durchsetzt, die mit Mineralien ausgefüllt sind.

Von den bisher genannten Gesteinsgruppen können wir mit einiger Gewissheit sagen, wie sie entstanden sind, von einer weiteren Gruppe können wir in dieser Beziehung nur wenig bestimmte Auskunft geben, das sind die kristallinischen Schiefer. Sie sind kristallinisch wie Granit, aber schieferig wie die Sedimentgesteine und sind wahrscheinlich zum Teil durch gewaltigen Gebirgsdruck schieferig gewordene Eruptivgesteine, zum Teil kristallinisch gewordene Sedimente. Bekannte kristallinische Schiefer sind:

Gneiss mit Feldspat, Quarz und Glimmer;
Glimmerschiefer mit Glimmer und Quarz;
Chlorit- und Talkschiefer, der eine fast nur aus Chlorit, der andere aus Talk bestehend.

Die Namen einiger der wichtigsten Gesteine haben wir genannt, mit ihnen selbst haben wir es hier nicht weiter zu tun; wir wollen nicht die Gesteine selbst, sondern die Mineralien, aus denen sie bestehen, in diesem Abschnitt kennen lernen, soweit es nicht schon vorher geschehen ist.

Nicht immer sind die Mineralien in den Gesteinen so gross ausgebildet, dass wir sie, wie z. B. in Granit, mit blossem Auge erkennen und nach ihren Eigenschaften unterscheiden könnten; oft sind sie so klein, dass sie sich nicht voneinander abheben und das Gestein gleichmässig dicht erscheint, wie z. B. der meiste Basalt. In diesem Fall müssen wir uns des Mikroskops bedienen, wollen wir überhaupt einen Einblick in den Mineralbestand des Gesteins gewinnen. Aber was kann bei einem undurchsichtigen dicken Gestein ein Mikroskop helfen? Ich kann ja doch das Gestein nicht durchleuchten und durchsichtig machen. So aussichtslos ist die Sache nicht, man kann auch von dem dichtesten Basalt ein zur mikroskopischen Untersuchung geeignetes Präparat herstellen. Zu diesem Zweck schlägt man von dem Gestein einen 2—4 qcm grossen Splitter ab und schleift diesen mit der Hand auf einer ebenen Eisenplatte mit Smirgel oder Carborundumpulver eben und poliert diese Seite mit feinstem Smirgel auf einer Glasplatte. Darauf klebt man den gereinigten und getrockneten Splitter mit Canadabalsam auf ein rechteckiges Glasplättchen, Objektträger genannt, fest, indem man diesen mit einem Tropfen Canadabalsam und dem Splitter auf einem dünnen Metallblech (Eisen oder Kupfer) so lange erwärmt, bis der Balsam beim Erkalten fest, aber nicht spröde wird. Darauf wird von dem Splitter mit dem groberen Schleifpulver soviel abgeschliffen, bis er anfängt eben durchsichtig zu werden, und nun wird mit dem feinsten Smirgel so lange geschliffen, bis man durch den Splitter feine Schrift erkennen kann, je dünner desto besser; der Dünnschliff ist damit fertig. Damit er noch klarer wird, wird der alte Balsam mit einem Messer abgekratzt, ein kleiner Tropfen frischen Balsams darauf gebracht, und unter mässigem Erwärmen ein dünnes Glasplättchen, ein sogenanntes Deckgläschen, darüber gelegt und sanft angedrückt. Nach einiger Uebung wird man sich bald selbst einen Dünnschliff* anfertigen können und für die Mühe, die man gehabt hat, wird man reichlich belohnt durch die Wunder, die das Mikroskop uns enthüllt.

* Ausgezeichnete Dünnschliffe liefert die Firma Voigt & Hochgesang in Göttingen. Unter andern eine Sammlung von 15 Mineraldünnschliffen und eine andere von 25 Gesteinsdünnschliffen, in der die wichtigsten gesteinsbildenden Mineralien enthalten sind.

Ein für unsere Beobachtungen eingerichtetes Mikroskop enthält einige Vorrichtungen, die den Mikroskopen, welche Mediziner, Zoologen und Botaniker gebrauchen, in der Regel fehlen, und die zur Untersuchung der Mineralien im polarisierten Lichte dienen. Das nebenstehende Mikroskop aus der Werkstatt von W. und H. Seibert in Wetzlar besteht zunächst wie jedes andere aus einem Stativ, das den Tubus und den Objekttisch trägt. An dem Tubus befindet sich unten ein Objektiv, das hier durch eine federnde Klammer festgehalten wird, oben befindet sich, hier nicht sichtbar, das Okular, beide zusammen erzeugen das vergrösserte Bild des zu untersuchenden Gegenstandes, der auf dem Objektträger aus Glas festgeklebt ist und mit diesem auf dem Objekttisch seinen Platz findet; wenn nötig, kann er durch die beiden Klemmen, wie das Bild zeigt, festgehalten werden. Die grobe Einstellung geschieht durch Zahn und Trieb, die feine durch die Mikrometerschraube. Unter dem Objekttisch befindet sich der zur Beleuchtung dienende Spiegel. Das hier abgebildete Instrument kann durch das über dem Fuss befindliche Gelenk geneigt und horizontal gelegt werden. Mit einem solchen umgelegten Mikroskop und einer damit verbundenen photographischen Kamera sind die Präparate aufgenommen, die auf den Tafeln 59, 61a und 67 abgebildet sind. Bis hierher hat dieses Mikroskop vor einem andern nichts voraus, das Gelenk zum Umlegen ist ja für die meisten Fälle entbehrlich. Wir wollen aber die Mineralien nicht nur vergrössert betrachten, sondern sie auch im polarisierten Licht untersuchen, um festzustellen, ob sie einfachbrechend oder doppeltbrechend sind, ob sie in dieses oder jenes Kristallsystem gehören. Damit dies möglich ist, muss mit dem Mikro-

Fig. 210.

Ein für mineralogische Untersuchungen eingerichtetes Mikroskop von W. und H. Seibert in Wetzlar.

Digitized by Google

skop ein Polarisationsapparat verbunden werden (vgl. S. 54), es werden hierzu immer zwei in Röhren gefasste Nicolsche Prismen benutzt. Das eine befindet sich in der hier mit Teilstrichen versehenen Hülse unter dem Objekttisch und kann durch den Hebel gehoben und gesenkt werden; das andere befindet sich in dem Schieber über dem Objektiv und kann leicht in den Tubus eingeschoben werden. Bisweilen ist es erwünscht, statt dieses Nicolschen Prismas ein anderes zu benutzen, das über das Okular gestülpt werden kann, es ist in dem abgebildeten Mikroskop oben auf den Tubus aufgesetzt und verdeckt das Okular. Damit das Präparat leicht in seiner Ebene gedreht werden kann, ist das Mikroskop mit einem drehbaren Objekttisch versehen, der durch zwei Schrauben zentriert werden kann. Die Schwingungsebenen der beiden Nicols sind im Okular durch ein Fadenkreuz markiert, die richtige Stellung von Okular und dem untern Nicolschen Prisma ist durch einen Einschnitt in der Röhre und darein passende kleine Schraube an Okular und Nicol angegeben. Mit einem solchen Mikroskop sind an kleinen Mineraldurchschnitten alle die Erscheinungen im parallelen polarisierten Licht wahrzunehmen, die wir früher an grösseren Mineralblättchen kennen gelernt haben (Seite 54), ausserdem ist es wie jedes andere zur Vergrösserung der Präparate geeignet. Damit die Vergrösserung je nach Bedarf gewählt werden kann, werden jedem Mikroskop mehrere Objektive und Okulare beigegeben, für die Bedürfnisse des Mineralogen reichen die Objektive I, III und V und die Okulare 1 und 3 fast vollständig aus.

Will man ein Mineral auf Dichroismus prüfen, so schaltet man das obere Nicolsche Prisma aus und dreht das Präparat auf dem Objekttisch über dem unteren Nicol. Ist es dichroitisch, so ändert sich hierbei die Farbe, z. B. bei Biotit zwischen hellgelb und dunkelbraun, bei Andalusit zwischen blutrot und hellgrün etc. Es ist das bequemste Mittel, um auch an kleinen Blättchen Dichroismus nachzuweisen.

Aber nicht nur die Erscheinungen im parallelen, sondern auch die im konvergenten polarisierten Licht lassen sich mit einem solchen Mikroskop, wenn die Präparate nicht gar zu dick sind, ausgezeichnet beobachten. Durch eine beigegebene, halbkugelige Linse, die dem unteren Nicolschen Prisma aufgesetzt wird, den sogenannten Kondensor, wird das in das Mineral eintretende Licht konvergent gemacht, durch das Objektiv V, das bis dicht auf das Präparat herunter gesenkt wird, wird das Licht wieder parallel. Wird nun das obere Nicolsche Prisma in den Tubus eingeschoben, so sieht man nach herausgenommenem Okular ein sehr kleines scharfes Interferenzbild; z. B. von einem Glimmerblättchen ein solches, wie in Figur 3 und 4 auf Tafel 4 abgebildet ist. Dies Bild lässt sich aber vergrössern; das Okular wird aufgesetzt und in einen Schlitz ungefähr in der Mitte des Tubus eine kleine Linse, die sogenannte Bertrandsche Linse, eingeschoben, das Bild wird dann so gross und farbenprächtig wie das, welches wir mit dem besonderen Polarisationsapparat wahrnehmen können. So dient das für mineralogische Untersuchungen eingerichtete Mikroskop zur Vergrösserung der Objekte und zur Beobachtung doppeltbrechender Kriställchen im parallelen und konvergenten polarisierten Licht und enthüllt uns Geheimnisse, die ohne dies immer verborgen bleiben würden.

Schon in den früheren Abschnitten dieses Buches haben wir manchmal das Mikroskop mit herangezogen, um gewisse Gegenstände zu zeigen, die wir mit blossem Auge nicht hätten sehen können, so die Einschlüsse in den Textfiguren 96 und 97, den Augitzwilling in Textfigur 103, die feinen Wachstumsformen in den Figuren 1 und 2 der Tafel 59, den Quarz mit Einschluss und korrodiertem Rande in den Figuren 3 und 4, den Feldspat mit regelmässig angeordneten Schlackeneinschlüssen auf derselben Tafel. Aus dem, was wir da beobachten, können wir ohne weiteres bestimmte Schlüsse auf die Zustände ziehen, die bei der Entstehung des Minerals geherrscht haben; aus den Glas- und Schlackeneinschlüssen, dass das Mineral sich aus Schmelzfluss ausgeschieden

Digitized by Google

hat, aus den Wachstumsformen, dass diese Mineralien schnell gewachsen sind, aus dem korrodierten Rande, dass die Verhältnisse (der Druck, die Temperatur oder die Zusammensetzung) während der Festwerdung des Gesteins andere geworden sind als anfänglich, da der Kristall sich in diesem Gestein bildete; wären die Verhältnisse unverändert geblieben, dann hätte auch der Quarz seine ringsum geschlossene Form behalten. Auch die Natur des gesamten Gesteins wird uns oft an einem kleinen Dünnschliff durch das Mikroskop besser enthüllt, als wenn wir ein handgrosses Stück oder die ganze Gesteinsmasse in der Natur mit blossem Auge betrachten. So zeigt die Textfigur 211 das Bild eines Flusses: die von rechts kommende Masse staut sich an dem viereckigen Block, fliesst um ihn herum, zwängt sich durch den Engpass und breitet sich dann weiter aus, die ganze Masse scheint zu fliessen und doch ist es ein festes Gestein, dem der Dünnschliff entstammt. Ohne dass wir die Entstehung des Gesteins beobachtet haben — es ist erstarrt unendlich lange bevor der Mensch existierte —, können wir doch mit aller Sicherheit sagen, dass es sich einstmals in flüssigem Zustand befunden habe, dass es als Lavastrom geflossen sei.

Fig. 211.

Flusserscheinung in einem Lavagestein. Vergrösserung 45fach.

Mit dem Studium der Gesteine beschäftigt sich ein besonderer Zweig unserer Wissenschaft, die **Petrographie**, die ihre heutige Entwicklung der Einführung des Mikroskopes und der Dünnschliffe verdankt, und wenn man die gesteinsbildenden Mineralien oder gar die Gesteine selbst kennen lernen will, kann man das Mikroskop nicht mehr entbehren. Wir wollen im folgenden bei Besprechung der gesteinsbildenden Mineralien ihr Aussehen im Dünnschliff unter dem Mikroskop nur soweit wie es nötig erscheint beschreiben. Um die Mineralien kennen zu lernen — und darum handelt es sich ja für uns —, haben wir nicht für jedes das Mikroskop nötig, denn entweder kommen sie in den Gesteinen gross genug vor oder sie finden sich auf Spalten und Höhlungen aufgewachsen und sind dann immer schön kristallisiert.

Einige von den gesteinsbildenden Mineralien haben wir bereits kennen gelernt, so den Quarz und Turmalin, Zirkon, Titanit und Magneteisen. Andere von denen, die wir hier kennen lernen werden, finden auch als Schmuckstein Verwendung, ihre Hauptbedeutung aber liegt doch darin, dass sie gesteinsbildend auftreten. Die Verwendung werden wir bei jedem einzelnen angeben.

Feldspat.

Feldspat ist der Sammelname für eine Gruppe von Mineralien, die ähnliche Form und analoge chemische Zusammensetzung besitzen und die die häufigsten und darum wichtigsten von allen gesteinsbildenden Silikaten sind. Wie jedes Silikat enthalten sie Kieselsäure, ausserdem Tonerde und dazu entweder Kali oder Natron oder Kalk, so dass

Digitized by Google

sie nach der chemischen Zusammensetzung als Kalifeldspat, Natronfeldspat und Kalkfeldspat unterschieden werden können; viele enthalten gleichzeitig Kalk und Natron und werden darum Kalknatronfeldspate genannt. Andere Arten, die Baryum oder Kali mit Natron enthalten, sind weniger wichtig und wir werden sie nicht weiter erwähnen. Durch ihren Kaligehalt, der im reinen Kalifeldspat bis auf 16,9% steigen kann, und ihre weite Verbreitung in den Gesteinen und in dem durch Verwitterung daraus hervorgegangenen Boden bilden die Feldspate den wichtigsten Träger des Kali und sind hierdurch die Quelle der Fruchtbarkeit unserer Erde.

Die allgemeine Formenausbildung ist bei allen Feldspaten sehr ähnlich, ein Unterschied besteht in der Symmetrie ihrer Kristalle, die einen besitzen eine Symmetrieebene und sind monoklin, die andern haben keine Symmetrieebene und sind triklin, der Unterschied ist aber so gering, dass er zunächst gar nicht in die Augen fällt. Die Feldspate in Figur 1 auf Tafel 60 und Figur 7 auf Tafel 61 sind einander in der Form so ähnlich, dass wir sie sicher dem gleichen System zuweisen würden, und doch ist der erstere monoklin, der andere triklin; die Symmetrieebene geht bei jenem über die Mitte der grossen fünfeckigen Fläche parallel zu der kleinen Kante und parallel zu der auf der linken Seite sichtbaren Fläche, bei dem andern fehlt sie. Dass dem so sei, lässt sich aus der Spaltbarkeit und dem Verhalten im polarisierten Licht erkennen. Die Spaltbarkeit geht zwei Richtungen parallel, die bei dem monoklinen Feldspat senkrecht zueinander sind, bei dem triklinen aber bis zu 3° von dem rechten Winkel abweichen, darum wird der monokline Feldspat auch Orthoklas (der gerade spaltende), der trikline Plagioklas (der schief spaltende) genannt. Bei dem monoklinen Feldspat ist die eine, vollkommenere Spaltbarkeit senkrecht zur Symmetrieebene, die andere ist parallel zu dieser; alle einigermassen durchsichtigen Kristalle besitzen in der Richtung der besten Spaltfläche Perlmutterglanz, andere sind von Rissen parallel zur Spaltfläche durchzogen. Die Fläche, der die bessere Spaltbarkeit parallel geht, wird als Basis angenommen und dient zur Orientierung an den Kristallen; sie werden in den Zeichnungen meist so gestellt, dass die Basis von vorn nach hinten aufsteigt. Auch aus dem optischen Verhalten lässt sich erkennen, ob eine Symmetrieebene vorhanden ist oder nicht. Ein parallel zur besten Spaltbarkeit von monoklinem Feldspat abgesprengtes dünnes Blättchen, das durchsichtig genug ist, wird im polarisierten Licht dunkel werden, wenn die Kante mit dem zweiten Blätterbruch mit einer Schwingungsrichtung der Nicols zusammenfällt, ein ebensolches Blättchen aus einem triklinen Feldspat wird dunkel werden, wenn diese Kante schief liegt, d. h. monokliner Feldspat besitzt auf den zur Symmetrieebene senkrechten Flächen gerade Auslöschung (vergl. Seite 56), trikliner Feldspat besitzt auf allen Flächen schiefe Auslöschung. Monoklin ist der meiste Kalifeldspat, triklin der Natron- und der Kalkfeldspat und die Mischungen beider. Wir wollen nun im folgenden die Feldspate im einzelnen betrachten und sie nach ihrer chemischen Zusammensetzung aufeinander folgen lassen.

Kalifeldspat. Der Kalifeldspat enthält in reinem Zustand 16,9% Kali (K_2O), 18,3% Tonerde (Al_2O_3) und 64,8% Kieselsäure (SiO_2), seine Zusammensetzung kann man durch die übersichtliche Formel $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ oder durch die zusammengezogene Formel $K_2Al_2Si_6O_{16}$ ausdrücken; oft ist ein Teil des Kali durch Natron ersetzt, also dem Kalifeldspat etwas Natronfeldspat beigemischt.

Seit Beginn der kristallographischen Forschungen ist der Feldspat ein beliebtes Untersuchungsobjekt, wichtige Gesetze sind an ihm abgeleitet und erprobt worden, so vor 100 Jahren das Zonengesetz durch den in Berlin wirkenden Mineralogen Christian Samuel Weiss. Wir wollen uns hier mit seiner häufigsten Formenausbildung, wie sie uns die auf den Tafeln 60 und 61 abgebildeten Kristalle zeigen, bekannt machen, nach-

dem wir schon bei Besprechung des monoklinen Systems einen flächenreichen Feldspatkristall (Figur 83 auf Seite 36) kennen gelernt haben.

In der Textfigur 212 ist die mit dem Buchstaben *P* bezeichnete Fläche die Basis $0P$, *l* das Vertikalprisma ∞P, *z* das abgeleitete Vertikalprisma $\infty P\grave{3}$, *M* das Klinopinakoid $\infty P\grave{\infty}$ und *x* die hintere Schiefendfläche $P\bar{\infty}$. Von denselben Flächen ist der vordere Kristall in Figur 1 auf Tafel 60 begrenzt, nur sind seine Prismenflächen weniger lang, seine Schiefendflächen breiter und grösser. Die Basis liegt nach hinten, die fünfeckige vordere Fläche entspricht der Fläche *x*, darunter liegt das Vertikalprisma, an der Seite das Klinopinakoid und die Kante zwischen beiden ist durch die schmalen Flächen des abgeleiteten Vertikalprismas abgestumpft. Auch der Kristall in Figur 1 auf Tafel 61 zeigt dieselben Flächen; die des abgeleiteten Vertikalprismas sind hier mit Chlorit bestäubt.

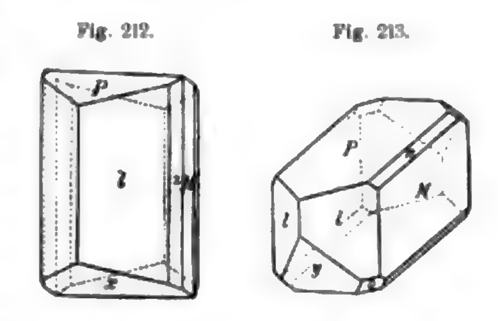


Fig. 212. Fig. 213.
Kalifeldspat.

In der Textfigur 213 ist *P* wieder die Basis, *l* das Vertikalprisma, *M* das Klinopinakoid, *n*, das die Kante zwischen *P* und *M* nahezu gerade abstumpft, ist das Klinodoma $2P\grave{\infty}$, *y* die hintere Schiefendfläche $2P\bar{\infty}$, *o* die Pyramide *P*. Dieser Kristall ist nach der Basis (*P*) und dem Klinopinakoid (*M*) in die Länge gedehnt, während die Figur 212 nach dem Vertikalprisma ausgedehnt ist. Ihm entspricht sehr genau der Kristall in Figur 2 auf Tafel 60, nur sind an ihm noch die Kanten zwischen dem Prisma und Klinopinakoid durch das abgeleitete Prisma $\infty P\grave{3}$ abgestumpft. So ist die Gestalt von Feldspat bald säulenförmig durch die Vertikalprismen, bald säulenförmig durch das Vorherrschen von Basis und Klinopinakoid, die zusammen eine rechtwinkelige Säule bilden.

Die Kristalle sind gross genug, dass man mit dem Anlegegoniometer die Winkel messen kann. Die Prismenflächen bilden miteinander einen Winkel von $118^3/_4{}^0$, der Winkel von der Basis zur hinteren Schiefendfläche *x* (Figur 212) beträgt $129^3/_4{}^0$, der von der Basis zu der andern Schiefendfläche *y* (Figur 213) beträgt $99^3/_4{}^0$, der von der Basis zum Klinodoma beträgt 135° 3′, während er bei gerader Abstumpfung dieser Kante 135° betragen müsste. Nach diesen Winkeln kann man an jedem genügend grossen Kristall die vorherrschenden Flächen bestimmen, die andern ergeben sich ohne weiteres aus ihrer Lage zu diesen. Beachten wollen wir noch besonders, dass die Flächen *P* und *x* (Figur 212) gegen die Vertikalachse, also gegen die lange Prismenkante nahezu gleich geneigt sind, der Unterschied beträgt keine zwei Grad (116° 3′ und 114° 14′).

Häufiger noch als in einfachen Kristallen kommt Feldspat in Zwillingskristallen vor, die nach ihren Fundorten benannt werden: Karlsbader Zwillinge hat schon Goethe bei Karlsbad gesammelt und beschrieben, wir schicken seine Worte unserer Beschreibung voran: »Es gibt grosse Massen des Karlsbader Granits, worin man vollkommene Kristalle und zwar von sehr komplizierter Bildung antrifft. Es sind Doppelkristalle, welche aus zwei in- und übereinandergreifenden Kristallen zu bestehen scheinen, ohne dass man jedoch den einen ohne den andern einzeln denken könnte. Ihre Form ist durch Beschreibung nicht wohl vor die Einbildungskraft zu bringen, man kann sich solche aber im ganzen als zwei ineinander gefügte rhombische Tafeln vorstellen.« Werfen wir nun einen Blick auf die in Figur 3—5 auf Tafel 60 abgebildeten Doppelkristalle, so sehen wir, wie zutreffend Goethe sie beschrieben hat, ich wage nicht, danach eine weitere Erklärung zu geben, ich will nur hinzufügen, dass die Ebene, welche sie gemeinsam haben, die stumpfe Kante des Vertikalprismas abstumpfen würde; in den drei Abbildungen der

Tafel liegt diese zur Seite, in der Textfigur 214 liegt sie vorn. Zwillingsebene wäre also das Orthopinakoid, eine Fläche, die bei Feldspat nicht gerade häufig ist. Charakteristisch für die Karlsbader Zwillinge ist, dass wenn die Basis bei dem einen Individuum nach vorn einfällt, sie beim andern nach hinten abfällt, oder, wenn ich sie mit der breiten Seite nach vorn stelle, sie bei dem einen nach links, bei dem andern nach rechts abfällt, wie wir dies an den Figuren 3—5 der Tafel 60 sehen, wo die lange obere Fläche jedesmal die Basis, die kurze die steilere Schiefendfläche $2P\bar{\infty}$ (*y*) ist. Ausser diesen kommen auch Karlsbader Zwillinge vor, an denen nicht die steile hintere Schiefendfläche ausgebildet ist, sondern die flachere $P\bar{\infty}$ (*x*), welche gegen die Vertikalachse fast ebenso geneigt ist wie die Basis. Die Folge davon ist, dass am Karlsbader Zwilling beide Flächen in eine Ebene fallen (Figur 6 bis 8 auf Tafel 60), sie heben sich nur dadurch voneinander ab, dass der zur Basis gehörende Flächenbezirk irgendwie anders aussieht als der andere. Am Kristall der Figur 6 ist er reiner gelb (der linke Teil der grossen Fläche), in Figur 7 ist er heller (der rechte Teil), in Figur 8 ist er weiss; dies ist ein zur Demonstration geradezu idealer Kristall, an die weisse Basis grenzt scharf die rote Schiefendfläche und die gleichen Flächen vorn und hinten liegen sich kreuzweis gegenüber; klarer kann man auch durch eine Zeichnung (Figur 215) diese Zwillingsbildung nicht darstellen.

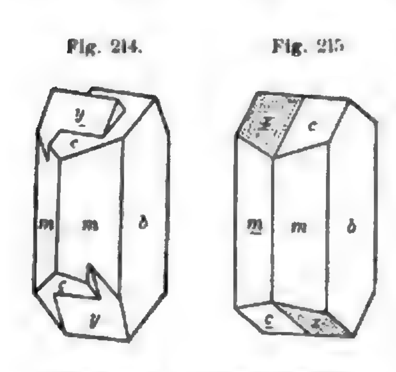


Fig. 214. Kalifeldspat. Fig. 215. Karlsbader Zwillinge.

Bavenoer Zwillinge sind zuerst auf Spalten in dem Granit von Baveno am Lago maggiore in Oberitalien gefunden worden, wir sehen einige von dort in den Figuren 9 bis 11 der Tafel 60; charakteristisch für sie sind die stumpfen Winkel an dem freien Ende, mit dem entgegengesetzten Ende sind sie immer aufgewachsen. Die einfache Form, aus der man den Zwilling ableiten kann, ist die der Figur 2 auf Tafel 60, wie hier herrscht auch an den Bavenoer Zwillingen die Basis und das Klinopinakoid vor. Zwillingsebene ist eine Fläche des Klinodoma $2P\grave{\infty}$, welche die Kante zwischen Basis und Klinopinakoid gerade abstumpft (*n* in Figur 213). Denken wir uns den Kristall parallel zu dieser Fläche in der Mitte hindurchgeschnitten und die eine Hälfte gegen die andere um 180° gedreht, so hätten wir das Bild eines Bavenoer Zwillings. Sie bilden eine rechtwinkelige Säule, die Zwillingsgrenze läuft über die stumpfen Kanten am Ende. Auch bei anderer Ausbildung der Grundkristalle kommen Zwillinge nach dem Bavenoer Gesetz vor, in Figur 3 der Tafel 61 sehen wir einen solchen. Die Form ist ungefähr die der Textfigur 212. Basis und Schiefendfläche sind recht gross, die einspringenden Winkel werden von den Flächen des Vertikalprismas gebildet. Mit dem grossen oberen Kristall ist der kleine in der Mitte nach dem Bavenoer Gesetz verwachsen, mit diesem kleinen ist nach demselben Gesetz der grosse untere verwachsen. Wir können auch von dem kleinen mittleren Kristall ausgehen und sagen, die beiden andern sind mit ihm nach den beiden Flächen des Klinodamas $2P\grave{\infty}$ verwachsen. Die gleiche Neigung dieser Fläche gegen Basis und Klinopinakoid bringt es mit sich, dass der grosse untere mit dem oberen zugleich die Basis gemein hat, so dass für diese beiden ebenso gut Verwachsung nach dem folgenden Gesetz angenommen werden kann, besonders da die theoretisch bestehende geringe Abweichung der beiden Basisflächen von der Parallelität ebenso wie bei den zuletzt beschriebenen Karlsbader Zwillingen (Figur 215) durch gegenseitige Anpassung aufgehoben wird. Oft sind bei dieser Ausbildung viele Individuen zu einem Zwillingsstock vereinigt (Tafel 61, Figur 2) und es ist nicht immer ganz leicht, sich da zurecht zu finden. Die erste Art der Bavenoer Zwillinge kommt bei dem gemeinen Feldspat vor, die andere bei der Varietät Adular.

Digitized by Google

Manebacher Zwillinge. Noch nach einem dritten Gesetz kommt bei Kalifeldspat Zwillingsbildung vor, es heisst nach einem Ort in Thüringen das Manebacher Gesetz. Die im Zwilling vereinigten Individuen haben die Basis gemein und bilden, wenn ihre Prismenflächen genügend gross sind, einspringende Winkel, wie wir an Figur 12 der Tafel 60 und an dem ausgezeichnet scharfen Kristall in Figur 10 der Tafel 61 sehen. Denken wir uns die Prismenflächen sehr klein, so werden die Schiefendflächen von oben und unten, die sich in Figur 10 der Tafel 60 in einer Ecke berühren, in einer längeren Kante zusammenstossen und die einspringenden Winkel können ganz verschwinden. Ein solcher Manebacher Zwilling liegt auf der Stufe 8 der Tafel 60, neben dem Karlsbader. Wir sehen schon hieraus, dass die verschiedenen Zwillingsbildungen nicht so scharf nach Fundorten getrennt auftreten, wie es nach ihrem Namen scheinen könnte, ausser den Bavenoer Zwillingen (Tafel 60, 9—11) stammt auch der Karlsbader (Tafel 60, 8) und der Manebacher (Tafel 60, 12) von Baveno, manchmal findet man alle drei auf derselben Stufe.

Von den physikalischen Eigenschaften des Feldspats haben wir seine Spaltbarkeit schon erwähnt, die beste Spaltfläche ist glatt und glänzend, nicht gestreift. Bei einer Art des Kalifeldspats sind die beiden Spaltflächen nicht genau senkrecht aufeinander, er heisst darum Mikroklin (wenig schief); die Symmetrieebene ist damit weggefallen, er gehört zu dem triklinen System.

Die Härte ist gleich 6, das spezifische Gewicht schwankt je nach der Reinheit zwischen 2,5 und 2,6, die Brechungsexponenten gehen über 1,525 nicht hinaus, die Lichtbrechung ist also gering, auch die Doppelbrechung ist schwach. Dünne Splitter lassen sich vor dem Lötrohr schmelzen, aber recht schwer.

Der Kalifeldspat findet sich weit verbreitet als Gemengteil von alten und jungen Gesteinen und aufgewachsen auf Klüften und Höhlungen, und je nach seinem Vorkommen ist sein Erhaltungszustand und sein Aussehen verschieden, und man unterscheidet danach gemeinen Feldspat und Mikroklin, Adular und Sanidin.

Gemeiner Feldspat oder kurz Feldspat ist trüb, matt, weiss, gelb, grau, fleischrot bis blutrot, so wie die Kristalle auf Tafel 60, die alle gemeinem Feldspat angehören; auch grünlichgraue Färbung kommt vor, und bei dem Feldspat von Fredriksvärn in Norwegen eine Farbenwandlung, wie wir solche später bei Labrador kennen lernen. Feldspat ist wesentlicher Gemengteil von Granit und Syenit, Porphyr und Gneiss, im Granit meist körnig, in Porphyr dicht entwickelt, in manchem Granit aber in grossen, ringsum ausgebildeten Kristallen enthalten, die bei der Verwitterung des Granits sich leicht herauslösen, es sind meist einfache Kristalle oder Karlsbader Zwillinge (Tafel 60, 2—5). Oder er bildet auf Drusenräumen sitzende Kristalle, die oft aus dem Gestein herausgewachsen sind, gewissermassen in diesem wurzeln; wir sehen solche Kristalle noch auf ihrer Unterlage sitzend in Tafel 1, 1 und Tafel 60, 1, 6—9 und 12; auch 10 und 11 waren ebenso wie die in 9 aufgewachsen. Etwas Besonderes sehen wir an dem grossen Kristall der Figur 6; mit dem gelben Kristall sind am Rande kleine weisse Kristalle verwachsen, auch diese gehören zu Feldspat, aber nicht zu Kali-, sondern zu Natronfeldspat, den wir nachher als Albit kennen lernen. Beide Feldspate sind regelmässig miteinander verwachsen, die Kante des Vertikalprismas ist in beiden parallel und die entsprechenden Flächen beider sind vollkommen oder nahezu einander parallel.

Seinem Alter entsprechend ist der gemeine Feldspat oft stark verwittert und in Kaolin, Ton oder Kaliglimmer umgewandelt.

Verwendung. Der gemeine Feldspat wird bisweilen wegen seines Kaligehaltes als Düngemittel, hauptsächlich aber in der Porzellanindustrie und zu Töpfereizwecken benutzt. Norwegen allein förderte im Jahre 1899 19260 Tonnen, ein grosses Lager ist neuerdings bei Bedford an der Eisenbahnstation Kingstom-Pembroke in Ontario entdeckt worden.

Mikroklin. Der Mikroklin ist dem gemeinen Feldspat so ähnlich, dass er nur durch genauere Untersuchung von ihm unterschieden werden kann, so ist es z. B. nicht unmöglich, dass der in Figur 7 auf Tafel 60 abgebildete Feldspat zu Mikroklin gehört. Besonders charakteristisch für ihn ist das Verhalten dünner Spaltungsblättchen oder Dünnschliffe parallel zur Basis im polarisierten Licht. Bei mässiger Vergrösserung sieht man da eine feine Gitterung (Tafel 61a, 2), die durch vielfach wiederholte Zwillingsbildung zustande kommt und in gleicher Weise bei keinem andern Feldspat auftritt. Da man diese Untersuchung nicht immer anstellen kann, bleibt es vielfach unentschieden, ob Mikroklin oder gemeiner Feldspat vorliegt, für die Praxis ist es ja auch ganz gleich. Einige ausgezeichnete Kristalle von Mikroklin sind in den Figuren 8—11 der Tafel 61 abgebildet; in Gegensatz zu anderen Feldspaten, auch zu anderem Mikroklin, sind sie intensiv gefärbt und führen den Namen Amazonenstein oder Amazonit; welchem Stoff sie ihre grüne Farbe verdanken, ist nicht sicher bekannt. Wie der gemeine Feldspat sind sie von dem Vertikalprisma, dem abgeleiteten Vertikalprisma, dem Pinakoid, das wir hier Brachypinakoid nennen müssen, der Basis und der hinteren Schiefendfläche (x) begrenzt und wir sehen leicht, dass die Formenausbildung des Kristalls 8 derjenigen des Kristalls 1 auf Tafel 60 ganz gleich ist. Der Kristall 11 ist unten von einer grossen Spaltfläche begrenzt, die der Basis parallel geht, von den oberen Flächen ist demnach die kleine die Basis, die grosse nach vorn gerichtete die hintere Schiefendfläche. Der Kristall in Figur 10 ist ein Manebacher Zwilling, der einspringende Winkel wird von den Prismenflächen gebildet, an der vorderen Ecke stossen die Schiefendflächen zusammen, die kleinere ist die Fläche $2P\bar{\infty}$ (y), die grössere ist $P\bar{\infty}$ (x), nach hinten oben liegt die Basis, der die Zwillingsebene parallel ist. Auch Bavenoer Zwillinge, dem in Figur 11 der Tafel 60 ähnlich, und Karlsbader Zwillinge wie Figur 7, Tafel 60, kommen bei Mikroklin vor, vielleicht ist dieser Kristall selbst Mikroklin; dazu kommt, dass die scheinbar einfachen Kristalle wie die Zwillinge noch in sich die feinste Zwillingslamellierung besitzen, die wir bereits kennen gelernt haben.

Mikroklin kommt genau so wie der gemeine Feldspat vor und wird wie dieser verwendet; der norwegische Feldspat ist sicher zum grossen Teil Mikroklin. Der grüne Amazonenstein findet sich ausser in Colorado (von hier die abgebildeten Kristalle), an der Ostseite des Ilmensees im Ilmengebirge, er wird wegen seiner Farbe wohl manchmal als Schmuckstein oder für Mosaikarbeiten und ähnliches benutzt. Als Seltenheit kennt man altägyptische Amulette, die aus Amazonenstein bestehen. In Russland wurde Amazonenstein früher gegen Epilepsie gebraucht, indem ein rundliches Stück in den Oberarm eingefügt wurde. Vielleicht erklärt sich diese Verwendung durch Verwechslung mit grünem Nephrit, der ja auch heute noch in China als heiliger Stein gilt; übrigens ist früher der Name Amazonenstein sowohl für unsern Feldspat als auch für Nephrit verwendet worden.

Sanidin. Der Kalifeldspat der jungen Eruptivgesteine (Trachyt und Phonolith) heisst Sanidin. Die auf Hohlräumen aufgewachsenen Kristalle sind farblos und klar durchsichtig, werden darum Eisspat genannt, sind aber meist recht klein und zur Abbildung nicht geeignet; die in den Gesteinen eingewachsenen sind farblos, grau oder gelblich, oft sehr rissig und entweder einfache, säulenförmige Kristalle in der Form der Textfigur 213, oder tafelige Karlsbader Zwillinge wie in Textfigur 214. Ein verhältnismässig grosser Kristall aus dem Trachyt des Drachenfels im Siebengebirge ist in Figur 4 der Tafel 61 abgebildet, die kleinen, im Gestein eingewachsenen Sanidinkristalle erkennt man meist an ihren glänzenden, spiegelnden Spaltflächen. Besonders grosse, wasserhelle Bruchstücke von Sanidin finden sich lose im Boden in der Gegend von Hohenfels unweit Gerolstein in der Eifel, sie sollen früher so massenhaft vorgekommen sein, dass sie für Porzellanfabriken gesammelt wurden. Sie sind durch ihre optischen Eigenschaften besonders interessant, indem der

Abstand der beiden im konvergenten polarisierten Licht auftretenden Hyperbeln (Tafel 4, 4) von Stück zu Stück wechselt und die Ebene der optischen Achsen bald in die Symmetrieebene fällt, bald senkrecht dazu liegt. Sie verhalten sich so, wie man es von einem sehr stark erhitzten und schnell gekühlten Sanidin erwarten könnte, und dies, wie ihr Vorkommen in lockerem Tuff weisen darauf hin, dass sie bei einer vulkanischen Eruption aus der Tiefe der Erde an die Oberfläche befördert und hierbei schnell erkaltet sind. So enthüllen uns die optischen Eigenschaften dieses Sanidins einen Teil seiner Vorgeschichte, seine eigentliche Herkunft verraten sie nicht, sie ist uns verborgen, wir können nur vermuten, dass er im Innern der Erde Bestandteile eines sehr grobkörnigen Sanidingesteins war, das bei einer späteren Eruption zerstört und mit andern vulkanischen Produkten ausgeworfen wurde.

Adular. Die reinsten Kristalle von Kalifeldspat sind auf Klüften der kristallinischen Silikatgesteine des St. Gotthard, der früher den Namen Mons Adula hatte, zuerst gefunden worden und haben hiernach den Namen Adular bekommen. Drei grosse Kristalle sehen wir in den Figuren 1—3 der Tafel 61; sie sind durchsichtig bis durchscheinend, weiss oder gelblich gefärbt, bisweilen auf einzelnen Flächen, besonders dem abgeleiteten Prisma $\infty P\grave{3}$, bisweilen auch vollständig mit Chlorit bestäubt. Die kristallographische Verschiedenheit beider Prismenflächen tritt durch diese Chloritbestäubung besonders klar vor Augen (Tafel 61, 1). Die Spaltbarkeit nach der Basis wird oft durch viele Risse angezeigt. Figur 1 zeigt einen einfachen Kristall, die Spaltrisse, die durch ihn hindurchgehen, deuten an, dass die Basis oben nach hinten liegt, die grosse vordere Fläche oben ist die Schiefendfläche x, die Flächen des abgeleiteten Prismas $\infty P\grave{3}$ sind mit Chlorit bestäubt. Die Zwillingsbildung des Kristalls in Figur 3 haben wir bereits besprochen (S. 296), wir wollen nur darauf hinweisen, dass hier das Klinopinakoid und das abgeleitete Prisma vollständig fehlen; der Kristall in Figur 2 ist eine aus mehreren Individuen bestehende Zwillingsgruppe, an der man sich durch die der Basis parallelen Spaltrisse und die mit Chlorit bestäubten Flächen des abgeleiteten Prismas $\infty P\grave{3}$ einigermassen orientieren kann.

Adular kommt ausschliesslich aufgewachsen auf Klüften von Silikatgesteinen vor und ist da oft begleitet von Quarz, Titanit, Chlorit und anderen Mineralien; so findet er sich am St. Gotthard und überhaupt in den Schweizer und Tiroler Alpen recht verbreitet.

Verwendung. Einige Vorkommen von Adular, besonders solche von Ceylon, zeigen in gewisser Richtung einen kräftigen, bläulichweissen, mondscheinartigen Lichtschein, der um so reiner und lebhafter ist, je klarer die Kristalle zu sein scheinen. Wegen des Lichtscheins haben sie den Namen Mondstein bekommen und gute, klare Stücke werden en cabochon geschliffen und sind recht beliebte Schmucksteine; von denen, die Feldspat liefert, sind es die wertvollsten, schon im Altertum wurden sie getragen und als Gemmen geschnitten, aber doch nur selten.

Natronfeldspat oder Albit. Der Natronfeldspat ist dem Kalifeldspat ganz analog, nur enthält er statt des Kali Natron und würde in reinem Zustand 11,8% Natron (Na_2O), 19,5% Tonerde (Al_2O_3) und 68,7% Kieselsäure (SiO_2) enthalten, ein Teil des Natron ist aber immer durch etwas Kali und Kalk ersetzt. Die Zusammensetzung kann durch die Formel $Na_2Al_2Si_6O_{16}$ ausgedrückt werden. Wie in der Zusammensetzung hat Albit auch in der Formenausbildung mit Kalifeldspat eine unverkennbare Aehnlichkeit; die allgemeine Flächenlage ist die gleiche, Unterschiede treten ausser in den geringen Abweichungen der Winkelwerte vorzugsweise durch die Zwillingsbildung auf; eine Symmetrieebene ist nicht mehr vorhanden, die Kristalle sind triklin.

In dem Kristall der Textfigur 216 bilden die Flächen T und l das Vertikalprisma, beide sind verschieden, darum mit verschiedenen Buchstaben bezeichnet; M ist das Brachypinakoid, P die Basis, x eine hintere Schiefendfläche und o eine Pyramidenfläche;

daran, dass diese nur mit der einen Fläche und parallelen Gegenfläche ausgebildet ist, erkennt man in der Abbildung am besten, dass der Kristall triklin sein soll; ausserdem geht dies daraus hervor, dass die Flächen *P* und *M* nicht senkrecht zueinander sind, sondern einen Winkel von 93° einschliessen. Von dieser Abbildung unterscheidet sich Figur 217 wesentlich nur dadurch, dass die Form nach der Kante zwischen *P* und *x*, der Achse *b*, langgestreckt ist, ausserdem ist hier noch eine kleine steile Schiefendfläche *r*

Natronfeldspat oder Albit. Natronfeldspat oder Periklin. Albitzwilling.

gezeichnet. Albit von dieser Ausbildung hat den besonderen Namen Periklin bekommen, es sind meist Zwillingskristalle, bei denen über die Fläche *M* eine feine Zwillingsnaht hinläuft und die mit der einen Fläche *M* aufgewachsen sind. Der eigentliche Albit tritt gleichfalls nur in Zwillingskristallen auf, bei denen zwei Individuen mit dem Brachypinakoid verwachsen sind und das eine gegen das andere um 180° gedreht erscheint. Für den Zwilling ist besonders charakteristisch, dass die Basisflächen beider Individuen (*P* und *P'* in Figur 218) einen flachen einspringenden Winkel (von 7°) miteinander bilden. Da diese Verwachsung bei Albit so häufig ist, heisst das Zwillingsgesetz das Albitgesetz. Bei einem monoklinen Feldspat kann nach diesem Gesetz keine Zwillingsbildung eintreten, weil der Winkel von *P* zu *M* 90° beträgt, *P* und *P'* würden genau in eine Ebene fallen, beide Kristalle wären parallel miteinander verwachsen. Einen Zwilling nach dem Albitgesetz sehen wir in Figur 5 der Tafel 61, auch jeder Kristall in Figur 6 ist ein solcher Zwilling. Oft wiederholt sich diese Zwillingsbildung oder die Kristalle verwachsen noch nach dem Karlsbader Gesetz.

Die Kristalle von Albit sind meist klein, wasserhell oder weiss, ihren Namen haben sie wegen der weissen Farbe bekommen. Das spezifische Gewicht beträgt 2,62 bis 2,65. Als triklines Mineral besitzt Albit auf keiner Fläche gerade Auslöschung, so auch nicht auf Blättchen, die man parallel zur Basis absprengt oder schleift. Von Salzsäure wird er nicht zerlegt.

Albit findet sich vorzugsweise aufgewachsen auf Spalten kristallinischer Gesteine, bisweilen, wie wir gesehen haben, mit gemeinem Feldspat regelmässig verwachsen (Tafel 60, Figur 6), sonst häufig begleitet von Bergkristall und Chlorit. Einige alpine Fundorte sind: die Nolla (Tafel 61, 5) und der Scopi in Graubünden, Schmirn und Zillertal in Tirol, Rauris in Salzburg (Periklin), Baveno am Lago maggiore. Ausseralpine Fundorte sind: Striegau (Tafel 60, 6) in Schlesien, ebenso Hirschberg im Riesengebirge, Radautal im Harz (Tafel 61, 6), Mursinka im Ural (zu kugeligen Aggregaten gehäufte Kristalle mit Rauchtopas, Tafel 54, 10), Kasbek im Kaukasus, Pike's Peak in Colorado (mit Amazonenstein, Tafel 61, 10), Amelia in Virginia etc.

Kalkfeldspat oder Anorthit. Dieser Feldspat bildet in der Regel nur kleine, zur Abbildung nicht geeignete Kristalle, die oft recht flächenreich sind, sonst aber von der Albitform nicht wesentlich abweichen, auch sind sie farblos oder weiss wie Albit,

diesem also äusserlich sehr ähnlich. Ein Unterschied liegt in dem spezifischen Gewicht, das 2,74—2,76 beträgt, und in der leichten Zersetzbarkeit durch Salzsäure; ein weiterer Unterschied liegt in dem optischen Verhalten. Um dies zu prüfen, benutze ich am besten parallel zur Basis abgesprengte oder geschliffene Blättchen, an denen die Kante mit dem Brachypinakoid etwa durch Risse, die dieser zweiten Spaltrichtung parallel gehen, erkennbar ist, und betrachte diese in dem mit einem Polarisationsapparat versehenen Mikroskop. Die Blättchen aus Albit wie die aus Anorthit werden das Gesichtsfeld aufhellen und bei dem Drehen auf dem Objekttisch ganz oder teilweise dunkel werden. In der Dunkelstellung wird jene Kante bei Albit nur ganz wenig schief zu einem Arm des Fadenkreuzes liegen (vielleicht 4°), bei Anorthit aber sehr schief liegen, etwa 30° damit bilden; man sagt, Albit habe auf der Basis eine kleine, Anorthit eine grosse Auslöschungsschiefe. Wenn das Blättchen nur zum Teil dunkel wird, so zeigt uns dies, wie wir früher gesehen haben (Seite 55), Zwillingsbildung an.

In der chemischen Zusammensetzung bestehen grössere Unterschiede als zwischen Natronfeldspat und Kalifeldspat, der Gehalt an Kieselsäure beträgt nur 43,3%, an Tonerde 36,6%, an Kalk 20,1%, die Zusammensetzung kann durch die Formel $Ca_2Al_4Si_4O_{16}$ ausgedrückt werden.

Kristalle von Anorthit finden sich in den Auswurfsblöcken der Somma am Vesuv, am Monzoni in Südtirol, häufiger kommt Anorthit als Gemengteil von Eruptivgesteinen (Gabbro) vor. Auch in Meteoriten ist Anorthit nachgewiesen worden, der einzige Vertreter von Feldspat in diesen Boten aus einer andern Welt.

Kalknatronfeldspate. Die Feldspate, welche Kalk und Natron enthalten, werden als isomorphe Mischungen von Kalk- und Natronfeldspat aufgefasst. Wenn sie in Kristallen auftreten, haben sie die Form der anderen Feldspate; so sehen wir leicht, dass der Kristall in Figur 7 der Tafel 61 dem in Figur 1 der Tafel 60 sehr ähnlich ist und von Prisma, Pinakoid, Basis (rechts oben) und zwei hinteren Schiefendflächen begrenzt ist. Aber so grosse und deutliche Kristalle sind im ganzen recht selten; hauptsächlich treten diese Feldspate in derben Massen als Gesteinsgemengteile auf und sind dann an ihren anderen Eigenschaften zu erkennen. Am meisten charakteristisch für sie ist, dass die beste Spaltfläche fein gestreift, wie liniiert ist; die Streifen verlaufen geradlinig über der Spaltfläche und gehen der Kante mit der zweiten Spaltfläche parallel, in Figur 13 der Tafel 61 ist dies andeutungsweise zu sehen. Die grosse Fläche ist die Spaltfläche und die feinen Streifen gehen der Kante rechts und links parallel. Diese Streifung ist eine Folge von wiederholter Zwillingsbildung nach dem Albitgesetz, die miteinander verwachsenen Individuen werden papierdünn und erscheinen im Durchschnitt wie Streifen, jeder einzelne ist in Zwillingsstellung zu seinen beiden benachbarten, aber der erste ist dem dritten, fünften, siebenten etc. parallel; wegen dieser Streifung werden die Kalknatronfeldspate auch die gestreiften Feldspate genannt in Gegensatz zu den monoklinen, deren Spaltfläche immer ungestreift ist, man muss daher stets die Beschaffenheit der Spaltfläche beachten. Besser als mit blossem Auge erkennt man diese Zwillingsstreifung im Mikroskop bei polarisiertem Licht; bei einer gewissen Stellung des Präparates ist das eine System der Streifen dunkel (Figur 1 auf Tafel 61a), das andere hell, beim Umdrehen wird dieses dunkel, jenes hell, in einer Zwischenlage sind alle hell. Wenn man hierzu ein Spaltungsblättchen nach der Basis benutzt und es zunächst so einstellt, dass die gerade Grenzlinie einem Arm des Fadenkreuzes parallel geht, so wird nach einer Drehung nach rechts das eine Streifensystem, nach einer Drehung nach links das andere Streifensystem dunkel, und der Winkel, um den man drehen muss, damit Dunkelheit eintritt, hängt von dem Verhältnis ab, in dem der Kalkfeldspat mit dem Natronfeldspat gemischt ist. Dies ist durch mühsame und sorgfältige Untersuchungen besonders durch Max

Schuster festgestellt worden, und nachdem es einmal geschehen ist, kann man aus dem Betrage der Auslöschungsschiefe die chemische Zusammensetzung des Feldspats erschliessen, ohne dass man ihn einer quantitativen Analyse zu unterwerfen brauchte, die optische Analyse hat die chemische ersetzt.

Nach dem Ergebnis der chemischen Analysen können die Kalknatronfeldspate nach dem Mischungsverhältnisse in eine Reihe geordnet werden, deren Glieder sich, wenn Albit an die Spitze, Anorthit an das Ende gestellt wird, mit zunehmendem Kalkgehalt folgen: Oligoklas enthält bis 26% Kalkfeldspat, Andesin bis 50%, Labradorit bis 76%, Bytownit bis 96% Kalkfeldspat. Mit steigendem Kalkgehalt sinkt der Gehalt an Kieselsäure; der hier angegebenen Beimischung an Kalkfeldspat entspricht ein Gehalt von 68,8% Kieselsäure in Albit, von 62% in Oligoklas, von 56% in Andesin, von 49% in Labradorit und von 43% in Anorthit. Die Auslöschungsschiefe auf der Basis gegen die Zwillingsgrenze beträgt bei Oligoklas nur etwa 1°, steigt bei Andesin bis 5°, bei Labrador bis 17°, bei Anorthit bis 37°. Auch das spezifische Gewicht ändert sich mit der Beimischung und steigt proportional dem Kalkgehalt an. Es beträgt bei Albit 2,624 und steigt bei Oligoklas bis 2,659, bei Andesin bis 2,694, bei Labrador bis 2,73 und bei Anorthit bis 2,758. Man kann also auch aus dem spezifischen Gewicht erkennen, welches Mischungsglied vorliegt, vorausgesetzt, dass der Feldspat rein und frisch ist.

Diese Feldspate sind als Gemengteile von Eruptivgesteinen weit verbreitet und bald in regellosen Körnern (in Diorit und Gabbro), bald in kleinen Kristallen (in Diabas- und Basaltgesteinen) entwickelt. Die Feldspatkristalle in den Lavagesteinen sind oft reich an Schlackeneinschlüssen (Tafel 59, 5) und besitzen bisweilen innere Schichtung, die entweder wie in dem abgebildeten Feldspat durch die Einschlüsse oder dadurch bewirkt wird, dass sich um einen kalkreichen Kern mit grosser Auslöschungsschiefe kalkärmere Hüllen mit geringerer Auslöschungsschiefe anlagern.

Die Feldspate in den körnigen Gesteinen enthalten bisweilen Einschlüsse von Mineralien, die ihnen besonderen Glanz oder Farbe verleihen. So ist der Sonnenstein von Tvedestrand in Norwegen reich an kleinen, äusserst dünnen Schüppchen von Eisenglanz, die ihm rote Farbe und lebhaften glitzernden Glanz verleihen; er gehört zu Oligoklas. Der Labradorit von der Küste von Labrador enthält kleine Täfelchen und Nädelchen, durch die wahrscheinlich sein lebhaftes Farbenspiel bewirkt wird; an sich unscheinbar grau, erscheint er in gewissen Richtungen in lebhaften, metallisch schillernden Farben, blau und grün, auch rot und bronzefarbig, wie das angeschliffene Stück Tafel 61, 12 uns zeigt. Diese farbenprächtigen Steine, besonders der Labrador, werden als Ring- und Nadelsteine getragen oder zum Belegen von kleinen Gebrauchs- und Luxusgegenständen benutzt. Der Sonnenstein wird nach Analogie mit dem Avanturinquarz (Seite 275) Avanturinfeldspat genannt, beide werden in ihrer Wirkung durch Avanturinglas übertroffen.

Durch Umwandlung gehen aus den Kalknatronfeldspaten neue Mineralien hervor, welche ausser den Bestandteilen der Feldspate noch Wasser enthalten und als gewässerte Feldspate betrachtet werden können. Sie werden mit andern in eine besondere Gruppe, die der Zeolithe, zusammengefasst und wir werden sie dort kennen lernen. Ausserdem bildet sich bei ihrer Verwitterung fast immer Kalkspat, sehr häufig Epidot, Albit und Quarz; der Kalkgehalt geht in Kalkspat und Epidot über, aus dem beigemischten Natronfeldspat entsteht als Neubildung Albit, überschüssige Kieselsäure scheidet sich als Quarz, Opal oder Chalcedon aus.

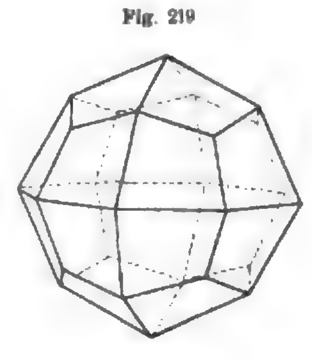
Digitized by Google

Feldspatähnliche Mineralien.

Einige Mineralien enthalten dieselben Bestandteile wie ein Feldspat und treten in gleicher Weise gesteinsbildend auf, werden darum feldspatähnlich genannt, wir wollen aber gleich betonen, dass sich die Aehnlichkeit nicht auf die Form bezieht. Es gehört hierzu Leuzit, der dem Kalifeldspat, Nephelin, der dem Natronfeldspat, und Skapolith, der dem Kalk- und Kalknatronfeldspat entsprechen würde. Dazu treten Mineralien, die die Nephelinsubstanz, ausserdem aber die Bestandteile eines anderen Salzes enthalten, die Bestandteile von Chlornatrium in Sodalith, die von Natrium- und Calciumsulfat in Nosean, Hauyn und Lasurstein. Letzteren haben wir bereits bei den Edelsteinen (Seite 257) kennen gelernt, er wird uns hier nicht weiter beschäftigen.

Leuzit. Für Leuzit ist seine Kristallform ganz besonders charakteristisch, denn immer ist er kristallisiert und immer tritt er in der gleichen Form, dem regulären Ikositetraeder $2O2$, auf (Tafel 62, 1—3), das nach ihm sogar den Namen Leuzitoeder bekommen hat. Eine solche Formenbeständigkeit kommt kaum bei einem zweiten Mineral vor, wie leicht wäre es sonst für uns, die Mineralien aus ihrer Form zu erkennen, und welche Schwierigkeit bietet uns jetzt manchmal die Formenmannigfaltigkeit, wie z. B. bei Titanit! Und doch bietet uns Leuzit ein besonderes Rätsel. So scharf und regelmässig seine Form auch ist, so wenig stimmt mit dieser sein optisches Verhalten. Als regulärer Kristall müsste Leuzit einfachbrechend sein und ein Dünnschliff von ihm müsste im polarisierten Licht bei gekreuzten Nicols dunkel bleiben, das ist aber nicht der Fall, er verhält sich da ganz eigentümlich; wir sehen ein Bild von ihm in Figur 3 der Tafel 61a. Der Kristall ist ungefähr parallel zu einer Würfelfläche getroffen, der Umriss ist ein symmetrisches Achteck, weil acht Flächen des Ikositetraeders durchschnitten sind. Das Innere ist von hellen und dunklen Streifen durchzogen, von denen ein Teil unter ungefähr 90° sich durchkreuzt, der andere diesen Winkel halbiert, die Streifen sind bald breit, bald schmal, keilen sich aus, hören an den Rissen, die den Kristall durchziehen, oft plötzlich auf; es ist ein sehr charakteristisches Bild. Dass diese Streifung auf eine Zwillingsbildung hinweist, ist nach dem, was wir bei Feldspat (Tafel 61a, 1 und 2) gesehen haben, wohl klar, aber die Streifen gehen, wie wir aus ihrer Richtung schliessen können, den Flächen des Rhombendodekaeders parallel, die im regulären System Symmetrieebenen sind, eine Zwillingsbildung nach ihnen könnte gar nicht erfolgen und der Kristall dürfte überhaupt nicht doppeltbrechend sein. Wie sind diese Widersprüche zu erklären? Sie haben eine befriedigende Erklärung durch die Untersuchungen von Karl Klein gefunden: Wenn Leuzit bis zur beginnenden Rotglut erhitzt wird, verschwinden die Lamellen und verschwindet die Doppelbrechung, er verhält sich bei hoher Temperatur so, wie man nach seiner Form überhaupt bei jeder Temperatur erwarten sollte. Bei der Abkühlung treten in ihm Aenderungen ein, durch die er die hier beschriebenen Eigenschaften annimmt, ohne dass sich seine Form dabei ändert. Die Umwandlung ist etwa zu vergleichen mit der des aus Schmelzfluss erstarrten monoklinen Schwefels (Seite 132), mit dem Unterschied, dass bei Leuzit die Festigkeit der Form nicht leidet. Die Substanz des Leuzit wäre also bei gewöhnlicher Temperatur nicht regulär wie seine Form, sondern quadratisch oder vielleicht rhombisch, bei Rotglut aber regulär. Nun findet sich Leuzit ausschliesslich in Lava, in der er sich als eins der ersten

Fig. 219



Leuzit.

Digitized by Google

Mineralien ausgeschieden hat; er hat sich bei einer über Rotglut liegenden Temperatur gebildet und zu dieser Zeit war er nach Form wie nach optischen Eigenschaften regulär; bei der Abkühlung ist innerhalb der Form eine Umlagerung der Teilchen eingetreten und er hat hierdurch die Eigenschaften angenommen, die wir bei gewöhnlicher Temperatur an ihm wahrnehmen. Ein ähnliches Verhalten werden wir nur noch bei dem ebenfalls regulären Borazit kennen lernen, es liegt hier eine besondere Art von Paramorphose (Seite 46) vor, bei der die Umwandlungen innerhalb der Form durch Temperaturänderungen hervorgerufen werden können, derart, dass die bei gewöhnlicher Temperatur bestehende und beständige Modifikation bei einer bestimmten höheren Temperatur in eine andere Modifikation übergeht, bei fallender Temperatur diese wieder in die erste sich umwandelt; man nennt eine solche dimorphe Substanz enantiotrop. Besonders gut lassen sich die Umwandlungen an salpetersaurem Ammoniak, einem Laboratoriumsprodukt, verfolgen, man muss nur ein Mikroskop benutzen, mit dem eine Erwärmungsvorrichtung verbunden ist. Auch Borazit ist zur Beobachtung der Umwandlung besser geeignet als Leuzit, wir kommen bei ihm noch einmal darauf zurück.

Wir haben so Leuzit gleich in einem Dünnschliff im Mikroskop betrachtet und werden ihn an seinem eigentümlichen optischen Verhalten immer wieder erkennen. Aber auch sonst zeigt er im Mikroskop manches, was uns fesselt, vor allem Einschlüsse von Glas und Schlacke. Leuzit mit Glaseinschluss haben wir schon in Figur 96 auf Seite 43 kennen gelernt, Figur 4 auf Tafel 61a zeigt uns Leuzit mit besonders regelmässig angeordneten Schlackeneinschlüssen; in den kleinen Durchschnitten sind sie kranzförmig angeordnet, verhältnismässig gross in dem Durchschnitt am untern Rand, winzig klein in dem links liegenden, nach einer Richtung gestreckt in dem grossen der Mitte, jeder Kante geht hier ein Einschluss parallel und wenn die äussere Begrenzung noch weniger scharf wäre als sie tatsächlich ist, so könnte man doch aus den Einschlüssen die Zahl und Lage der durchgeschnittenen Flächen erkennen. In andern Durchschnitten sind die Einschlüsse radial gestellt, wie die Speichen eines Rades, andeutungsweise ist es in dem Durchschnitt ganz oben am Rande zu sehen; man wird nicht müde, ein solches Präparat zu durchmustern.

Die Kristalle selbst sind, wie die Abbildungen zeigen, weiss, grau oder gelblich; die im Gestein eingewachsenen sind matt und trüb, die seltenen aufgewachsenen sind glas- oder fettglänzend und klar. Ihre Lichtbrechung ist gering, der Brechungsexponent beträgt 1,508, das spezifische Gewicht ist 2,46, die Härte 5,5—6.

Dass Leuzit die Bestandteile des Kalifeldspats enthalte, aber in anderem Mengenverhältnis, haben wir bereits erwähnt, in reinem Zustand enthält er 21,58 % Kali, 23,40 % Tonerde und 55,02 % Kieselsäure, seine Formel ist $K_2Al_2Si_4O_{12}$; im Vergleich zu Feldspat enthält er zwei Moleküle Kieselsäure weniger. Durch Verwitterung nimmt er leicht Natron und Wasser auf und geht in Analcim über. Durch seinen hohen Kaligehalt und seine leichte Verwitterbarkeit ist Leuzit für den Boden wichtig, besondere Verwendung findet er nicht.

Leuzit findet sich fast ausschliesslich als Bestandteil von jüngeren Lavagesteinen und deren Aschen, so besonders am Vesuv, dessen Laven ausnahmslos Leuzit enthalten (Tafel 62, 1 und 2, Tafel 61a, 4), ebenso an der Rocca Monfina bei Neapel (Tafel 62, 3) und im Albaner Gebirge; lose Kristalle, die den Vulkanen des Albaner Gebirges entstammen, können an der Osteria del Tavolato an der via Appia bei Rom in Menge gesammelt werden. In Gesteinen in der Umgegend des Laacher Sees (Tafel 61a, 3) zusammen mit Nosean (Figur 6 derselben Tafel), ganz ähnlich im Kaiserstuhl bei Freiburg, bei Wiesental in Sachsen.

Nephelin ist das dem Natronfeldspat entsprechende Natron-Tonerdesilikat, seine Zusammensetzung kann durch die Formel $Na_8Al_8Si_9O_{34}$ ausgedrückt werden; vielleicht

aber auch durch die viel einfachere Formel $Na_2Al_2Si_2O_8$ oder, was hiermit gleichbedeutend wäre, durch $NaAlSiO_4$; die Zusammensetzung ist nicht ganz konstant, ein Teil des Natrons ist in der Regel durch Kali ersetzt, daneben enthält er oft etwas Kalk, Wasser und Chlor, ob als chemische oder mechanische Beimischung — Kochsalzlösung und Kochsalzkriställchen sind als Einschlüsse in Nephelin beobachtet — ist schwer zu entscheiden und darum ist die chemische Formel mit einer gewissen Unsicherheit behaftet.

Seine Kristalle sind hexagonal, begrenzt von dem Prisma und der Basis (Tafel 62, Figur 5) oder von diesen und schmalen Pyramidenflächen (Tafel 62, Figur 4) und an dieser Form kann er, solange er gross genug ist, mit blossem Auge, sonst im Dünnschliff unter dem Mikroskop erkannt werden. Seine Durchschnitte im Gestein sind rechteckig, wenn sie parallel zu einer Prismenfläche, sechseckig, wenn sie quer dazu getroffen sind, wir erkennen sie deutlich an dem angewitterten Stück der Figur 6 auf Tafel 62, einen einzelnen Durchschnitt sehen wir auf Tafel 61a in Figur 5. Er ist farblos und durchsichtig, bei Verwitterung wird er trüb, matt weiss oder gelblich; im Dünnschliff wird er im frischen Zustand vollkommen wasserhell durchsichtig (Tafel 61a, 5), zeigt schwache Lichtbrechung ($n = 1{,}54$) und schwache Doppelbrechung. Nur selten sind die Kristalle im Gestein so gross wie in dem Stück der Figur 6 auf Tafel 62 und in dem Dünnschliff auf Tafel 61a, meist sind sie mikroskopisch klein; in anderen Gesteinen tritt Nephelin ohne jede Kristallform auf und er muss dann an seinem chemischen Verhalten erkannt werden. In grosskörnigen Gesteinen ist er trüb, grünlich, bläulich oder rötlich, besitzt eigentümlichen Fettglanz und keine Spaltbarkeit; so sehen wir ihn in Figur 7 der Tafel 62, das Graublaue ist Nephelin, das Graugelbe oben ist Feldspat. Diese von dem gewöhnlichen Nephelin ganz abweichende Art hat einen besonderen Namen bekommen und heisst **Elaeolith**, Oelstein.

Wenn Nephelin weder an der Form, noch an der Farbe oder dem Glanze zu erkennen ist, hilft immer noch sein chemisches Verhalten; sein Pulver wird durch warme Salzsäure sehr leicht zersetzt und gelatiniert. Wenn man nicht zuviel Säure genommen hat, kann man das Reagensglas, in dem man den Versuch vorgenommen hat, nach dem Erkalten umdrehen, ohne dass ein Tropfen ausläuft. Bei der Verwitterung von Nephelin bildet sich besonders häufig Natrolith.

Aufgewachsene Kristalle von Nephelin kommen in vulkanischen Auswürflingen, besonders der Somma (Tafel 62, 4 und 5), aber auch am Laacher See vor; eingewachsen ist Nephelin als wesentlicher Bestandteil von Phonolith und basaltischen Gesteinen recht verbreitet, Elaeolith ist Gemengteil von körnigem Elaeolithsyenit, der in Norwegen, auf der Halbinsel Kola, in Grönland, im Ural und in Brasilien vorkommt.

Grünlicher Elaeolith wird wohl gelegentlich als Schmuckstein geschliffen, sonst wird Nephelin nicht weiter verwendet.

Skapolith. Wenn schon der Nephelin im Vergleich zu Leuzit kompliziert zusammengesetzt war, so gilt dies in erhöhtem Grade von Skapolith. Er enthält immer Kalk und Natron in wechselndem Verhältnis, dazu Tonerde und Kieselsäure und ausserdem Chlor; man hat je nach der Zusammensetzung verschiedene Arten unterschieden, auf die wir hier aber nicht weiter eingehen, alle haben gemeinsam, dass sie im quadratischen System kristallisieren und meist von dem Prisma der ersten und zweiten Stellung und einer Pyramide der ersten Stellung begrenzt sind, wie der Kristall 13 auf Tafel 62. Die Kristalle sind entweder wasserklar und dann meist klein oder sie sind trüb, weiss, gelb oder graublau und erreichen dann manchmal recht beträchtliche Dimensionen. Sie sind verhältnismässig leicht der Verwitterung unterworfen und gehen hierbei in Epidot, Albit oder Glimmer über.

Die klaren Kristalle kommen in Auswürflingen der Somma am Vesuv und am Laacher See, die trüben im Gebiet von kristallinischen Schiefern in Norwegen (Arendal),

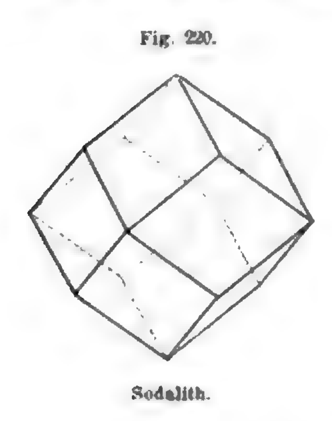
Schweden (Malsjö), Finnland (Laurinkari, Tafel 62, 13) und in den Vereinigten Staaten an mehreren Orten vor.

Nach Form und Zusammensetzung kann zur Skapolithgruppe auch Melilith gerechnet werden, ein Mineral, das fast nur in mikroskopisch kleinen Kriställchen vorkommt und in manchen Basalten den Feldspat vertritt. Es ist mit einem Gehalt von 32% Kalk (CaO) das kalkreichste Kalktonerdesilikat. Seine Kristalle sind im Dünnschliff schmal leistenförmig, farblos, durchsichtig und daran zu erkennen, dass sie im polarisierten Licht tintenblaue Farbentöne zeigen.

Ihm ähnlich ist Gehlenit ($Ca_3Al_2Si_2O_{10}$), der graue, quadratische Tafeln bildet und in Kalk in der Nähe von Eruptivgesteinen als Kontaktmineral vorkommt. So am Monzoni in Südtirol und im Kaiserstuhl bei Freiburg.

Sodalithgruppe. Die noch übrig bleibenden feldspatähnlichen Mineralien bilden eine engere Gruppe, die in der Regel nach Sodalith benannt wird. Sie sind alle regulär und ihre wichtigste Form ist das Rhombendodekaeder (Figur 220), sie erscheinen hierdurch wenigstens in der Form mit Granat verwandt, manche Forscher neigen sogar zu der Ansicht, dass auch in der chemischen Zusammensetzung ein gewisser Grad von Verwandtschaft mit Granat erblickt werden könne. Alle enthalten das einfache Nephelinsilikat $NaAlSiO_4$ mit einem andern Salz verbunden und unterscheiden sich eben durch dieses Salz. Ihre Härte liegt zwischen 5 und 6, das spezifische Gewicht steigt von 2,2—2,5.

Fig. 220.



Sodalith.

Sodalith bildet farblose Rhombendodekaeder in Hohlräumen von Gesteinen, besonders von Auswürflingen der Somma (Tafel 62, 8), oder derbe unregelmässig begrenzte Massen von weisser und blauer Farbe als Gemengteile körniger Gesteine. Beide Arten verhalten sich zueinander etwa wie Nephelin zu Elaeolith, nur ist Sodalith doch viel seltener. Mit Säure erwärmt, gelatiniert er wie Nephelin; wenn man die Zersetzung mit Salpetersäure vornimmt und zu der Lösung darauf einige Tropfen von salpetersaurem Silber gibt, so bildet sich ein weisser käsiger Niederschlag von Chlorsilber, ein Beweis, dass Sodalith Chlor enthält. Dieser Chlorgehalt, der 5—6% beträgt, ist in chemischer Hinsicht für Sodalith das am meisten Charakteristische. Man kann Sodalith als ein Natron-Tonerdesilikat betrachten, das mit Chlornatrium verbunden ist und nach der Formel $3NaAlSiO_4 \cdot NaCl$ zusammengesetzt ist. Man könnte freilich meinen, dann müsste das Chlornatrium, sogut wie unser Kochsalz von Wasser sofort gelöst werden, das wäre aber eine falsche Ansicht; denn dadurch, dass Chlornatrium mit dem Silikat verbunden ist, sind seine Eigenschaften andere geworden, es wird von Wasser nicht so leicht aufgelöst wie freies Kochsalz. Es geht damit geradeso, wie mit Wasser, das sich mit einem Salz (z. B. in Kupfervitriol) verbindet, es verdunstet dann auch nicht so leicht wie freies Wasser; erst durch Erwärmen wird es ausgetrieben und so wird auch aus Sodalith erst durch Kochen mit Wasser Chlornatrium ausgezogen.

Farbloser Sodalith kommt ausser in Sommablöcken als Gemengteil von Trachyt auf der Insel Ischia, derber Sodalith als Gemengteil von Syenit vor (Ditró in Siebenbürgen, Brevik in Norwegen, Miask im Ural, Grönland etc.).

Nosean und Hauyn. Das erste dieser beiden Mineralien ist nach einem Mineralogen, das zweite nach dem Begründer der Kristallographie, Hauy, benannt worden. Sie sind beide nicht scharf voneinander zu trennen, wir behandeln sie daher zusammen. Nosean in reinem Zustand wäre Natron-Tonerdesilikat mit Natriumsulfat, Hauyn das gleiche Silikat mit Calciumsulfat, ihre Formeln wären:

Nosean $3NaAlSiO_4 \cdot Na_2SO_4$; Hauyn $3NaAlSiO_4 \cdot CaSO_4$.

Keines von beiden Mineralien kommt völlig rein vor, Nosean enthält immer etwas Calciumsulfat, Hauyn Natriumsulfat beigemischt, ausserdem ist in Hauyn ein Teil des Natriums durch Calcium vertreten; durch Salzsäure werden beide sehr leicht zersetzt; behandelt man ein Körnchen auf einem Objektträger mit Salzsäure und lässt diese verdunsten, so bilden sich reichlich mikroskopisch kleine Kriställchen von Gips, wenn Hauyn, keine oder nur wenige, wenn Nosean vorliegt; das Calciumsulfat wird bei der Zersetzung frei, verbindet sich mit Wasser und kristallisiert als Gips. Ihre Form ist das Rhombendodekaeder, ein Unterschied liegt bisweilen in der Farbe.

Nosean ist meist braun oder grau (Tafel 62, 9), im Dünnschliff (Tafel 61a, 6) wird er in der Hauptsache farblos durchsichtig, ist aber ganz angefüllt von feinsten Dampfporen, die so dichtgedrängt liegen, dass er hierdurch grau erscheint, oft sind sie in Reihen angeordnet, die wie feine Striche das Innere durchziehen. Der Rand ist meist braun und undurchsichtig und oft dringt die Grundmasse des Gesteins in tiefen Buchten in das Innere ein, wie wir es an der Abbildung sehen. Wahrscheinlich hat die Gesteinsmasse, solange sie noch flüssig war, die Kristalle wieder teilweise aufgelöst. So kommt Nosean mit Leuzit (Tafel 61a, 3) in Phonolithen im Gebiet des Laacher Sees und als Gemengteil von manchen Basalten vor, die aufgewachsenen Kristalle finden sich in Auswürflingen des Laacher Sees.

Hauyn ist in der Regel blau und kommt in grösseren unregelmässigen Körnern in der Mühlsteinlava von Niedermendig (Tafel 62, 10), in kleinen Körnern und Kristallen in Auswürflingen des Laacher Sees, in basaltischen Gesteinen im Albaner Gebirge bei Rom, in Phonolith im Hegau etc. vor. Die blaue Farbe ist auch im Dünnschliff noch sichtbar und das Mineral daran zu erkennen; als reguläre Kristalle sind Nosean und Hauyn einfachbrechend. Bei ihrer Verwitterung entstehen Zeolithe, besonders häufig Natrolith.

Das letzte Mineral dieser Gruppe, den Lasurstein (Tafel 62, 11 und 12), haben wir bei den Edelsteinen Seite 257 besprochen; seine Verwandtschaft mit den hier beschriebenen Mineralien verrät uns seine allerdings seltene Form, die gleichfalls das reguläre Rhombendodekaeder ist und seine nähere Verwandtschaft mit Hauyn kommt in der blauen Farbe zum Ausdruck. Zu den gesteinsbildenden Mineralien kann Lasurstein nicht mehr gerechnet werden.

Zeolithe.

Eine Gruppe von wasserhaltigen Silikaten wird unter dem Namen Zeolithe (Siedesteine, Kochsteine) zusammengefasst, weil sie beim Glühen anschwellen und Blasen werfen, scheinbar kochen, die meisten enthalten Tonerde, nur Apophyllit ist frei davon, wir schicken ihn daher den andern voraus. Die andern enthalten die Bestandteile von Feldspaten, Kalk oder Natron oder beides, bisweilen Baryum, dazu Tonerde, Kieselsäure und Wasser; ihre Zusammensetzung kann oft auf die der Feldspate zurückgeführt werden und ihr Vorkommen weist darauf hin, dass sie aus Feldspaten oder feldspatähnlichen Mineralien hervorgegangen sind. An die eigentlichen Zeolithe schliessen wir einige andere Mineralien an, die in der Regel andern Gruppen zugeteilt werden, die aber wie Zeolithe wasserhaltige Silikate sind, in der Hauptsache die gleichen Bestandteile enthalten und wie diese als Neubildungen vorkommen. Einige Zeolithe haben sehr einfache Kristallform, andere treten fast nur in Zwillingen auf und ahmen durch wiederholte Zwillingsbildung höhere Symmetrie nach. Ihrer Entstehung entsprechend finden sich die meisten auf Drusenräumen in Eruptivgesteinen, einige auf Erzgängen, wenige in Sedimentgesteinen.

Digitized by Google

Apophyllit. Der Name bezieht sich auf die vollkommene Spaltbarkeit des Minerals nach einer Richtung, die bewirkt, dass die Spitzen leicht abbrechen und darauf, dass es beim Erhitzen aufblättert. Es kristallisiert quadratisch und die Zahl der Flächen, die an ihm auftreten, ist nicht sehr gross, es ist (vergl. die Textfiguren 221 und 222) eine Pyramide (*P*), die als Pyramide erster Stellung angenommen wird, und das Prisma der zweiten Stellung (*m*), dazu tritt bisweilen ein achtseitiges Prisma (*r*) und die Basis, verschieden ist nur das Grössenverhältnis der Flächen und damit das Aussehen der Kristalle, wie wir aus der Abbildung in Figur 1—7 der Tafel 63 sehen. Der Kristall 1 ist von der Pyramide der ersten und dem Prisma der zweiten Stellung begrenzt, die Pyramidenflächen schneiden sich unter einem Winkel von 104°. Dieselben Flächen zeigen die Kristalle in Figur 3, nur ist, z. B. bei dem liegenden, die Spitze durch die Spaltfläche abgestumpft. In den Kristallen der Figur 2 und 4 tritt zu diesen Flächen die grosse Basis, sie sind dicktafelig nach der Basis, die Pyramidenflächen sind verhältnismässig klein; in dem Kristall 6 sind die Prismenflächen so gross wie die Basis, die Pyramidenflächen stossen zusammen, der Kristall hat grosse Aehnlichkeit mit einem regulären Kubooktaeder (Figur 26 auf Seite 23); dass aber die scheinbaren Würfelflächen verschieden sind, ergibt sich ohne weiteres daraus, dass parallel zu der oberen die vollkommene Spaltbarkeit geht, parallel zu den andern aber nicht. In dem grossen Kristall der Figur 5 sehen wir die Spaltbarkeit parallel zur Basis durch einen Riss angedeutet, der den Kristall durchsetzt; er zeigt ausser der Basis, der Pyramide und dem Prisma noch die Flächen des achtseitigen Prismas $\infty P2$. Die Kristalle der Figur 7 endlich sind dünntafelig nach der Basis.

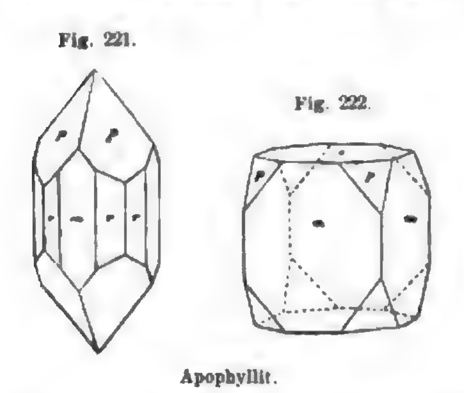


Fig. 221. Fig. 222.

Apophyllit.

Die chemische Zusammensetzung von Apophyllit ist nicht ganz einfach; ausser Kalk, Kieselsäure und Wasser enthält er Kalium und meist etwas Fluor, dazu entweicht ein Teil des Wassers leicht, ein anderer erst beim Glühen, man nimmt an, dass dieses mit dem Silikat selbst fester verbunden sei und gibt Apophyllit die Formel $H_2(Ca, K_2)Si_2O_6 + H_2O$. Bei der Verwitterung bildet sich aus ihm Calciumkarbonat, bisweilen unter Erhaltung der Form. Die Kristalle sind dann weiss und matt und haben den besonderen Namen Albin bekommen (Aussig in Böhmen).

Von den physikalischen Eigenschaften haben wir die vollkommene Spaltbarkeit nach der Basis schon nebenbei erwähnt, die Spaltblättchen geben ohne weiteres im konvergenten Licht das Interferenzbild einachsiger Kristalle, nur sind die Ringe bei nicht sehr dicken Platten sehr weit, weil die Doppelbrechung schwach ist, und ihre Farben weichen bei Tageslicht von den gewöhnlichen ab, weil die Dispersionsverhältnisse andere sind; auch manches andere spielt noch mit hinein, das wir hier nicht weiter erörtern können. Durch die vollkommene Spaltbarkeit nach der Basis herrscht auf dieser Perlmutterglanz, während Apophyllit sonst Glasglanz besitzt. An derben Massen mit breit ausgedehnter Spaltungsfläche fällt dieser Perlmutterglanz besonders stark auf und sie haben wegen des an die Linse eines Fischauges erinnernden Glanzes den Namen Fischaugenstein oder Ichthyophtalm bekommen. Die Farbe ist, wie wir auf der Tafel sehen, weiss, rosarot, gelblich und grünlich. Das spezifische Gewicht ist 2,4—2,5, die Härte liegt zwischen 4 und 5.

Vor dem Lötrohr blättert Apophyllit stark auf — daher sein Name — und lässt sich leicht schmelzen. In überhitztem Wasser ist er löslich, so dass es möglich ist, aus

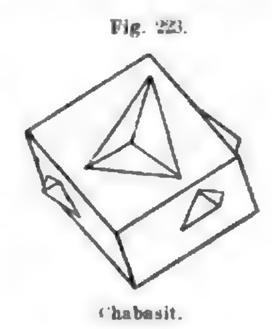
Digitized by Google

gepulvertem Apophyllit, der mit Wasser in einer zugeschmolzenen Glasröhre auf ungefähr 190° erhitzt wird, kristallisierten Apophyllit zu erzielen; auch in der Natur hat er sich bisweilen sicher aus heissen Lösungen abgeschieden, wie das Vorkommen in Absätzen von Thermalquellen beweist; sein Vorkommen in Blasenräumen vulkanischer Gesteine und auf Erzgängen kann in gleicher Weise erklärt werden.

Auf Erzgängen findet oder fand er sich auf der Grube Samson zu St. Andreasberg im Harz in rosaroten (Tafel 63, 3) und farblosen Kristallen, ähnlich in Guanajuato in Mexiko. In Blasenräumen vulkanischer Gesteine kommt er auf der Seisser Alp in Südtirol (Tafel 63, 7), bei Aussig in Böhmen, auf den Faröer, auf Island (Tafel 63, 1), bei Golden in Colorado und Paterson (63, 6) in den Vereinigten Staaten; die grössten Kristalle sind bei Poonah in Indien gefunden worden (Tafel 63, 2, 4 und 5).

Chabasit. Die Kristalle von Chabasit (Tafel 63, 8—10) sind an ihrer Form leicht zu erkennen, es sind kleine, scharfe, würfelähnliche Rhomboeder, meistens Durchkreuzungszwillinge; aus den Flächen des einen Kristalls ragen die Ecken des andern nasenartig hervor (Textfigur 223), bisweilen genügend gross, so dass man sie deutlich sehen kann, oft nur klein und versteckt. Zwillingsebene ist die Basis und das eine Individuum ist gegen das andere um 180° gedreht, so dass es die Ecken dahin wendet, wo die Flächen des andern liegen. Bei einer andern Zwillingsbildung sind zwei Individuen mit einer Rhomboederfläche aneinandergewachsen und das eine ist gegen das andere um 180° gedreht. Die Flächen stossen dann in einem stumpfen Winkel aneinander, ähnlich wie bei der gleichen Zwillingsbildung von Kalkspat (siehe die Textfigur bei diesem). Kristalle, an denen eine hexagonale Pyramide vorherrscht, haben den besonderen Namen Phakolith bekommen. Die Rhomboederflächen sind oft fein federförmig gestreift, die Kristalle haben Glasglanz, sind farblos, weiss, gelblich oder durch eingeschlossenes Eisenoxyd rot (Tafel 63, 10), im Innern oft rissig. Ihr spezifisches Gewicht ist 2,1, die Härte 4—4½.

Fig. 223.



Chabasit.

Die chemische Zusammensetzung ist nicht konstant, jedenfalls, weil keine einfache chemische Verbindung, sondern eine Mischung zweier Grundverbindungen vorliegt. Wie diese Grundverbindungen zusammengesetzt seien, muss man aus den Analysen erschliessen, und die verschiedenen Forscher kommen da zu verschiedenem Resultat; man kann annehmen, dass sie die Zusammensetzung von zwei Kalkfeldspaten haben, einmal von dem Kalkfeldspat, den wir kennen gelernt haben, zweitens von einem Kalkfeldspat, der einem Natronfeldspat entsprechen würde, in dem das Natron durch Kalk ersetzt wäre und jede dieser beiden Verbindungen wäre mit acht Molekülen Wasser verbunden. Ihre Formel wäre dann:

$$Ca_2Al_4Si_4O_{16} \cdot 8H_2O + CaAl_2Si_6O_{16} \cdot 8H_2O.$$

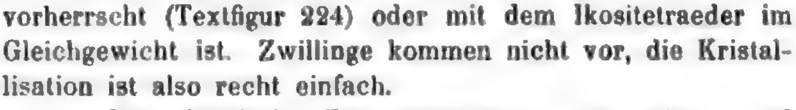
Chabasit kommt in Blasenräumen vulkanischer Gesteine vor und ist da oft von Phillipsit und Kalkspat, in den Achatmandeln auch von Quarz begleitet. Im Gebirge sind die Kristalle oft wasserhell und klar, nachher werden sie rissig und trüb.

Sehr verbreitet ist Chabasit (und Phakolith) in den blasigen Basalten des Vogelsbergs, in denen er die Blasenwände mit glänzenden Kristallen überzieht, so kommt er in den Kellern bei Nidda, bei Annerod und an vielen andern Orten vor. Die Kristalle sitzen meist dichtgedrängt auf ihrer Unterlage und sind daher zur naturgetreuen Abbildung wenig geeignet; das gleiche gilt von dem in den Achatmandeln von Oberstein auftretenden Chabasit. Der isolierte Kristall (8) unserer Tafel stammt von Sandö, einer Insel der Faröergruppe, die auf Phonolith aufgewachsenen (9) sind von Rübendörfel in Böhmen die roten (10) aus Nova Scotia in Kanada. Grosse Kristalle kommen ausserdem von

Digitized by Google

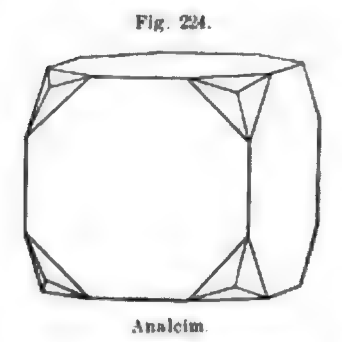
Kilmacolm in Schottland, Phakolith von Annerod bei Giessen und Michelnau im Vogelsberg, von Richmond in Australien; überhaupt ist Chabasit einer der häufigsten von den Zeolithen.

Analcim. Analcim stimmt mit Leuzit in der Form völlig überein und wenn wir gesagt haben, man könne manche Zeolithe als wasserhaltige Feldspate ansehen, so können wir Analcim als wasserhaltigen Natron-Leuzit bezeichnen. Seine häufigste Form ist das reguläre Ikositetraeder $2O2$ (Tafel 63, 11 und 12), seltener sind Kristalle, an denen der Würfel



vorherrscht (Textfigur 224) oder mit dem Ikositetraeder im Gleichgewicht ist. Zwillinge kommen nicht vor, die Kristallisation ist also recht einfach.

Fig. 224.



Analcim.

Die chemische Zusammensetzung von reinem und frischem Analcim kann durch die Formel $Na_2Al_2Si_4O_{12} \cdot 2\,H_2O$ ausgedrückt werden. Vergleichen wir sie mit der von Leuzit ($K_2Al_2Si_4O_{12}$), so sehen wir, dass dessen Kali durch Natron ersetzt ist und dass dazu noch Wasser getreten ist. Es ist sogar möglich, Leuzit in Analcim umzuwandeln, es genügt, ihn längere Zeit mit einer Lösung von Natriumkarbonat in Berührung zu lassen. In der Natur ist dieser Prozess manchmal vor sich gegangen, so im Kaiserstuhl bei Freiburg, wo die Substanz von Leuzitkristallen unter Erhaltung ihrer Form in die von Analcim übergegangen ist. Wenn es sich darum handelt, beide Mineralien zu unterscheiden, so achte man darauf, dass Analcim vor dem Lötrohr schmilzt, Leuzit nicht, dass aus Analcim beim Erhitzen im Glasröhrchen Wasser entweicht, aus Leuzit nicht, dass das spezifische Gewicht von Analcim 2,2, das von Leuzit 2,5 ist, dass Leuzit hauptsächlich in eingewachsenen, Analcim in aufgewachsenen Kristallen vorkommt.

Die Kristalle sind bisweilen farblos und vollkommen durchsichtig, meist weiss und trüb, auch gleichmässig rötlich oder rot geadert, wie Figur 12 uns zeigt. Sie kommen für sich allein oder mit Apophyllit zusammen vor und sind hauptsächlich an basaltische Gesteine gebunden. Wasserhelle Kristalle kommen auf Blasenräumen und im Innern des Dolerits der Cyklopeninseln bei Catania vor, recht klare Kristalle finden sich am Monte Catini in Toskana und am Lake superior (Tafel 63, 11), durch Grösse hervorragende Kristalle auf der Seisser Alp (Tafel 63, 12) und im Fassatal in Tirol, überhaupt ist er in basaltischen Gesteinen recht verbreitet. Merkwürdig ist das Vorkommen von Analcim in Toneisenstein von Duingen in Hannover, auch auf den Erzgängen von Andreasberg hat er sich gefunden.

Anhang: Ein anderer regulärer Zeolith ist der Faujasit, kleine reguläre Oktaeder, auch Zwillinge davon (Figur 88 auf Seite 40), weiss oder braun in Blasenräumen von Basalt, Grossenbuseck bei Giessen, Kaiserstuhl bei Freiburg.

Stilbit. Die Kristalle von Stilbit (Tafel 63, 13) sind monoklin und meist dicktafelig nach der Symmetrieebene; auf dieser Fläche herrscht starker Perlmutterglanz, weil parallel zu ihr eine vollkommene Spaltbarkeit geht, die andern Flächen sind glasglänzend oder matt. Eine der grossen Flächen wird als Basis, die andere als Orthopinakoid angenommen, die kleinen dreieckigen Flächen gehören dann einer Pyramide an. Die Kristalle sind entweder weiss und grau oder durch Einschlüsse von Eisenglimmer rot, wie der Chabasit in Figur 10; diese roten Kristalle werden wohl auch durch einen besonderen Namen, Heulandit, von den andern unterschieden, von manchen aber wird das Mineral überhaupt Heulandit genannt. Das spezifische Gewicht ist 2,2, die Härte gleich $3^{1}/_{2}$—4.

Die chemische Zusammensetzung können wir uns am besten merken, wenn wir sie wieder auf die von Feldspat beziehen, es wäre der zweite Kalkfeldspat, den wir in

Digitized by Google

Chabasit angenommen haben, verbunden mit fünf Molekülen Wasser: $CaAl_2Si_6O_{16} \cdot 5H_2O$; ein Teil des Kalks ist oft durch Natron oder auch Strontian, einem in Zeolithen sonst seltenen Element, ersetzt. Von Säuren wird er zersetzt, vor dem Lötrohr schmilzt er zu weissem Email.

Stilbit findet sich in Blasenräumen von basaltischen Gesteinen auf Island (Tafel 63, Figur 13), den Faröer, in Schottland, der rote im Fassatal; auf Gängen in granitischen Gesteinen kommt er am Giebelbach im Wallis und bei Striegau in Schlesien, auf Erzgängen bei St. Andreasberg im Harz vor, im ganzen ist Stilbit einer der selteneren Zeolithe.

Dieselben Bestandteile wie Stilbit enthält Laumontit, ein Zeolith, der vor allen andern sich dadurch bemerkbar macht, dass er an der Luft zu Staub zerfällt, weil er einen Teil seines Wassers verliert. Man muss ihn daher in Wasser oder Oel einlegen, wenn man ihn erhalten will. Es sind säulenförmige monokline Kristalle, Säule mit schief aufgesetzter Endfläche, die besonders auf Klüften von granitischen Gesteinen sich finden. (Baveno, Zillertal, Striegau etc.)

Desmin, Phillipsit und Harmotom. Diese drei Mineralien können wir in eine Gruppe vereinigen, da sie nach ihrer chemischen Zusammensetzung und Kristallform nahe verwandt sind. Das in ihnen enthaltene Silikat können wir wieder auf Feldspat beziehen und alle drei hätten gemeinsam, dass es mit sechs Molekülen Wasser verbunden ist; Desmin und Phillipsit unterscheiden sich durch das Mengenverhältnis ihrer Bestandteile, Harmotom und Phillipsit dadurch, dass Phillipsit Calcium, Harmotom aber Baryum enthält; in allen ist ein Teil von Calcium oder Baryum durch Natrium oder Kalium ersetzt. Wenn wir hiervon absehen, können wir die Zusammensetzung der drei Mineralien durch die folgenden Formeln ausdrücken:

Desmin . . $CaAl_2Si_6O_{16} \cdot 6H_2O$,

Phillipsit . . $\left\{\begin{matrix} CaAl_2Si_6O_{16} \cdot 6H_2O \\ Ca_2Al_4Si_4O_{16} \cdot 6H_2O \end{matrix}\right\}$,

Harmotom . . $\left\{\begin{matrix} BaAl_2Si_6O_{16} \cdot 6H_2O \\ Ba_2Al_4Si_4O_{16} \cdot 6H_2O \end{matrix}\right\}$.

Wir sehen, Phillipsit unterscheidet sich in seiner Zusammensetzung von Chabasit nur durch den Wassergehalt, der bei Chabasit acht Moleküle, bei Phillipsit sechs Moleküle beträgt; und ebenso unterscheidet sich Desmin von Stilbit dadurch, dass er ein Molekül Wasser mehr enthält als dieser.

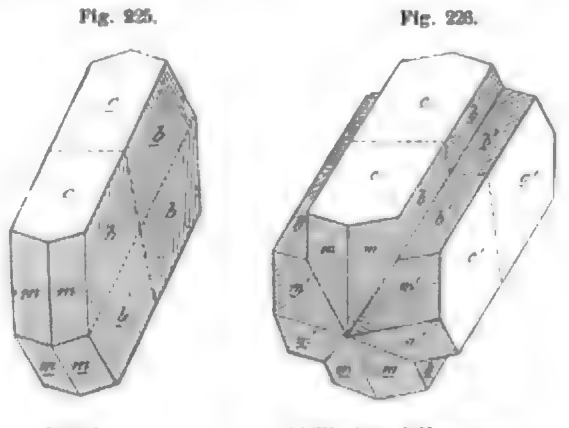
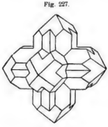


Fig. 225. Desmin. Fig. 226. Phillipsit und Harmotom.

In der Kristallisation sind die drei Mineralien einander ähnlich und mit Feldspat unverkennbar verwandt. Ihre Kristalle gehören dem monoklinen System an, und ein einfacher Kristall, der aber für sich nicht vorkommt, wäre von dem Vertikalprisma (*m* in der Textfigur 225), dem Klinopinakoid (*b*) und der Basis (*c*) begrenzt; die Flächen des Vertikalprismas schneiden sich unter 118° 50′ (bei Kalifeldspat unter 118° 47′) und sind, wie die des Klinopinakoids parallel zu ihrer Kante gestreift, wie die Figur 225 es andeutet. Auch die Gesetze, nach denen die Zwillingsbildung erfolgt, sind zum Teil die gleichen wie bei Feldspat. Erstes Gesetz: Zwillingsebene ist die Basis (das Manebacher Gesetz). Das eine Individuum

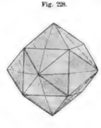
ist mit dem andern nach der Basis verwachsen und die beiden Individuen der vorderen Hälfte (Figur 225) setzen sich kreuzweis über die Mitte fort, das Klinopinakoid ist daher federförmig gestreift. In solchen Kristallen kommt Desmin vor. Zweites Gesetz: Zwillingsebene ist eine Klinodomenfläche (das Bavenoer Gesetz bei Feldspat). Zwei Kristalle, die nach dem ersten Gesetz verwachsen sind, durchkreuzen sich so, dass sie eine Klinodomenfläche, die die Kante zwischen c und b abstumpfen würde (am Kristall aber nicht vorhanden ist), gemeinsam haben. Die Prismenflächen werden hierdurch federförmig gestreift, der einspringende Winkel kann je nach der Ausdehnung der einzelnen Flächen von dem gestreiften Klinopinakoid (Figur 226) oder der glatten Basis gebildet werden, er kann auch ganz zuwachsen, so dass diese Doppelzwillinge wieder wie einfache Kristalle aussehen. Solche Zwillinge kommen bei Harmotom (Tafel 64, 3) und Phillipsit (Tafel 64, 2) vor. Drittes Gesetz: Zwillingsebene ist eine Fläche des Vertikalprismas. Drei Doppelzwillinge, wie der in Figur 226, durchkreuzen sich unter rechtem Winkel (Figur 227) und bilden einen Zwillingskristall, der im ganzen aus zwölf Einzelkristallen besteht. Die einspringenden Winkel, die bei dünnen Kristallen noch bleiben, verschwinden, wenn die Kristalle dick und gedrungen sind, die Lücken wachsen zu und es entwickelt sich ein geschlossener Kristall, der in der Form einem regulären Rhombendodekaeder gleicht (Figur 228). Wir haben hier ein Beispiel dafür, dass ein Kristall von niederer Symmetrie durch Zwillingsbildung höhere Symmetrie nachahmt, der einfache Zwilling (Figur 225) erscheint rhombisch, der Doppelzwilling quadratisch (Figur 226), besonders wenn die Lücken zugewachsen sind, der dreifache Doppelzwilling regulär (Fig. 228) und doch sind alle aus monoklinen Individuen aufgebaut. Der hier beschriebene Bau lässt sich oft erst erkennen, wenn man die Kristalle genau mit der Lupe betrachtet und die Streifung auf den Flächen verfolgt.

Fig. 227.



Phillipsit.

Fig. 228.



Phillipsit.

Desmin bildet meist in der Mitte zusammengeschnürte, garbenförmige Kristalle (Tafel 64, 1), und auf diesen Bau bezieht sich sein Name (δεσμίς das Bündel). Seine Kristalle sind immer einfache Zwillinge (Figur 225) und ihr Bau kommt dadurch zustande, dass die Teilchen von der strengen Parallelität abweichen. Nach dem breitentwickelten Pinakoid besitzen sie vollkommene Spaltbarkeit und haben Perlmutterglanz auf dieser Fläche, sonst haben sie Glasglanz, sind weiss oder gelblich, bisweilen ziegelrot und braun. Sie finden sich in Blasenräumen vulkanischer Gesteine auf Island und den Faröer (Tafel 64, Figur 1), rote Kristalle in Schottland und Nova Scotia in Kanada; grosse rötliche Kristalle kommen mit Apophyllit bei Poonah und in andern Gegenden von Indien vor. Auf Drusenräumen in granitischen Gesteinen findet sich Desmin bei Striegau in Schlesien und ähnlich in der Schweiz an verschiedenen Stellen, auf Erzgängen bei St. Andreasberg im Harz.

Phillipsit bildet Zwillinge, wie die Figuren 226—228 zeigen; seine Kristalle sind meist recht klein, selten über 1 cm lang, weiss oder gelblich, glasglänzend oder matt; ihr spezifisches Gewicht beträgt 2,2. Das Mineral ist nach einem Mineralogen Phillips benannt. Es findet sich in Blasenräumen von basaltischen Gesteinen am Stempel bei Marburg (Tafel 64, 2), bei Annerod und Nidda unfern Giessen, im Kaiserstuhl bei Freiburg, bei Richmond in Australien.

Digitized by Google

Harmotom, oder auch Kreuzstein genannt, bildet meist Zwillinge, wie Figur 226 zeigt, die einspringenden Winkel sind oft vorhanden (Tafel 64, 3), oft auch zugewachsen. Sein spezifisches Gewicht ist wegen des Baryumgehaltes höher als das der verwandten Zeolithe und beträgt 2,5. Seine Farbe ist weiss, grau, gelblich, die Kristalle sind oft recht scharf und erreichen eine Länge von mehr als einen Centimeter. Wenn es darauf ankommt, Harmotom und Phillipsit zu unterscheiden, so behandelt man ihr Pulver mit Salzsäure, verdünnt nach erfolgter Zersetzung mit Wasser und fügt ein paar Tropfen Schwefelsäure zur Lösung; erfolgt hierdurch ein Niederschlag (von schwefelsaurem Baryum), so lag Harmotom vor, andernfalls Phillipsit.

Harmotom kommt in besonders guten Kristallen auf den Erzgängen von St. Andreasberg im Harz (Tafel 64, 3) und bei Kongsberg in Norwegen, in dem Melaphyrmandelstein bei Oberstein an der Nahe, in Granit bei Strontian in Schottland vor.

Natrolith. »Audifax bog einen Strauch zurück und riss das Moos auf; in dem grauen Klingstein, der des Berges Kern ist, ward eine gelbe Ader sichtbar; in eines Fingers Breite zog sie durchs Gestein. Audifax löste ein Stück ab, versteinten Tropfen gleich sass der eingesprengte Stoff in der Spalte, strahlend, rundlich, goldgelb, und in weissrötlicher Druse hafteten Opalkristalle. Prüfend sah Ekkehard auf das abgelöste Stück. Der Stein war ihm fremd. Edelstein war's nicht; die gelehrten Männer haben ihn später Natrolith getauft.« Wer den sagenumwobenen Hohentwiel besucht, versäumt nicht, den Spuren des kleinen Audifax zu folgen und nach der im Fels verborgenen gelben Ader zu suchen und er ist froh, wenn es ihm gelingt, ein Stückchen des strahlenden, goldgelben Steins von dem Fels loszulösen und heimlich in seiner Tasche verschwinden zu lassen, der Wärter der Burg darf es nicht merken. Wir sehen ein Stück in Figur 4 der Tafel 64, strahlend, rundlich, goldgelb, wie es Scheffel beschreibt. Wollen wir nun weiter hören, was die gelehrten Männer über ihn sagen? Könnten wir es doch in das Gewand der Poesie kleiden, aber diese Gabe ist uns versagt, und wer etwas von uns lernen will, muss sich schon an einen trockenen Ton gewöhnen, wir können nicht jedes Mineral mit Märchenzauber umspinnen und mit Sagen umweben.

Natrolith haben die gelehrten Männer das Mineral getauft, weil sie Natron in ihm gefunden haben; es enthält diesen Stoff mit Tonerde und Kieselsäure verbunden und ausserdem, wie alle Zeolithe, Wasser. Der Chemiker drückt die Zusammensetzung durch die Formel $Na_2Al_2Si_3O_{10} \cdot 2H_2O$ aus; den Natrongehalt kann man schon an der Flammenfärbung erkennen, ein Splitter des Minerals schmilzt in der farblosen Flamme eines Bunsenbrenners leicht zu farblosem Glas und färbt hierbei wie Kochsalz die Flamme gelb. Wird das gepulverte Mineral mit wenig Salzsäure in einem Reagensglas erhitzt, so gelatiniert es; durch Erhitzen in einem Glasröhrchen wird Wasser aus ihm ausgetrieben.

Die kugeligen Aggregate sind im Innern ausgezeichnet radialfaserig (Tafel 64, 4 und 5), dazu oft konzentrischschalig dadurch, dass die Farbe wechselt. Die Farbe ist weiss oder gelb, selten rot und grün. Die Härte liegt über 5, oft freilich scheint sie geringer zu sein, dies liegt aber nur daran, dass bei der Prüfung einzelne Fasern sich loslösen und abbrechen. Das spezifische Gewicht schwankt zwischen 2,2—2,5.

Kristalle von Natrolith sind meist recht dünn und klein, nadelförmig, bald zu Büscheln verwachsen, bald zu einer Kruste vereinigt, die das Gestein überzieht und aus der die Spitzen herausragen. Die Kristalle gehören dem rhombischen System an, sehen aber oft wie quadratisch aus, denn sie sind von einer Säule begrenzt, deren Flächen sich unter einem Winkel von $91^1/_4{}^0$ schneiden. Dazu tritt an dem Ende eine flache Pyramide.

Natrolith bildet sich aus Feldspat, besonders aber aus Nephelin und Hauyn, und findet sich auf Blasenräumen und Spalten in Phonolith (Klingstein) und Basalt. So am Hohentwiel im Hegau (Tafel 64, 4), am Alpstein bei Sontra in Hessen, am Stempel bei

Marburg (jetzt nicht mehr), bei Aussig in Böhmen (Tafel 64, 5), Brevig in Norwegen; die schönsten Kristalle kommen von Puy de Marman in der Auvergne; überhaupt gehört Natrolith zu den häufigen Zeolithen, nur sind deutliche Kristalle selten.

Anhang. Mit Natrolith sind einige andere Zeolithe nahe verwandt, die wir hier kurz nennen wollen. Skolezit enthält statt Natron Kalk und sein Silikat ist mit drei Molekülen Wasser verbunden; seine Kristalle sehen denen von Natrolith sehr ähnlich, sind freilich monoklin, ahmen aber durch Zwillingsbildung die rhombische Form nach. Die besten Kristalle kommen vom Theigarhorn auf Island. Mesolith enthält die Bestandteile von Natrolith und Skolezit, bildet meist feinstrahlige Massen, die erst durch genauere Untersuchung von Natrolith unterschieden werden können. Eine Mischung von Kalk mit Natron-Tonerdesilikat ist auch der Thomsonit. Die Mischung ist mit fünf Molekülen Wasser verbunden: $(Ca, Na_2)Al_4Si_4O_{16} \cdot 5H_2O$. Er bildet gewöhnlich radialstengelige Aggregate (Tafel 64, 6), aber auch fein radialfaserige und konzentrischschalige Aggregate, die im Bau dem Natrolith (Tafel 64, 4) durchaus ähnlich sind, nur in der Farbe davon abweichen; ihre Grundfarbe ist zart rot, während die konzentrischen Schalen heller und dunkler rot, weiss und grün sind; so kommt Thomsonit bei Grand Marais am Lake superior in Diabas und lose als Geschiebe vor, während der gewöhnliche stengelig weisse oder zart rosa farbige bei Kilpatrik in Schottland (Tafel 64, 6) sich findet. Auch in den Basalten und Phonolithen in Böhmen, auf den Faröer und Island kommt Skolezit vor; gedrungene rhombische Kristalle (auch Comptonit genannt) sind besonders aus Böhmen bekannt geworden.

Verwendung. Der feinfaserige Natrolith nimmt wegen seiner verhältnismässig hohen Härte gute Politur an und wird darum bisweilen geschliffen. So ist der Natrolith vom Hohentwiel zur Täfelung von Zimmern im Königlichen Schloss zu Stuttgart benutzt worden. Der durch seine schöne Färbung ausgezeichnete Thomsonit vom Lake superior eignet sich zu Schmuck in antikem oder romanischem Stil; ich habe eine Probe davon erst bekommen, nachdem die Tafel gedruckt war, und leider nicht mehr abbilden können. Soweit mir bekannt, sind diese Steine jetzt (September 1903) zum erstenmal in Deutschland eingeführt worden.

Prehnit. Obwohl Prehnit die Bestandteile von Wasser enthält und vor dem Lötrohr sich aufbläht wie ein Zeolith, wird er in der Regel doch nicht zu den Zeolithen gerechnet, weil er sein Wasser erst bei höherer Temperatur verliert. Wir geben ihm aber doch hier seinen Platz, weil er ebenso wie die Zeolithe vorkommt, und wie diese eine Neubildung ist, zu der oft Feldspat den Stoff geliefert hat. Wenn wir annehmen, das Wasser sei als solches in ihm enthalten, wie in einem Zeolith, so würde er sich nach seiner Zusammensetzung an Natrolith anschliessen lassen, statt des Natron-Tonerdesilikats enthielte er ein entsprechendes Kalk-Tonerdesilikat, verbunden mit einem Molekül Wasser; wir stellen zum Vergleich die Formeln beider Mineralien untereinander:

Natrolith . . $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot 2H_2O$,
Prehnit . . . $2CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot H_2O$.

In der Regel wird die Zusammensetzung von Prehnit durch die Formel $H_2Ca_2Al_2Si_3O_{12}$ ausgedrückt, in der die vorher getrennt aufgeführten Bestandteile zusammengezogen sind.

Dass Prehnit mit den Zeolithen entfernter verwandt ist als diese untereinander, könnte man fast schon aus der Farbe ersehen, die bei Prehnit immer grünlich, bei den Zeolithen fast immer weiss oder gelblich ist; sie wird durch Eisenoxyd erzeugt, das in der Verbindung einen Teil der Tonerde vertritt. Auch hierin liegt ein Unterschied gegen die Zeolithe, die wohl manchmal Eisenoxyd mechanisch eingeschlossen, aber niemals als chemische Beimischung enthalten. In der Form seiner Aggregate ist er oft wieder dem Natrolith ähnlich, sie sind radialfaserig im Innern, kugelig gerundet aussen (Tafel 64, 7).

Daneben bildet er hahnenkamm- und fächerförmige, aus krummen Kristallen aufgebaute Aggregate (Tafel 64, 8); scharfe, isolierte Kristalle sind recht selten und immer nur klein, sie gehören dem rhombischen System an und sind nach einer als Basis angenommenen Fläche tafelig entwickelt.

Die Härte ist gleich 6, das spezifische Gewicht 2,8—2,9, beide Werte gehen also über die bei Zeolithen üblichen hinaus, namentlich ein so hohes spezifisches Gewicht kommt bei echten Zeolithen nicht vor.

Prehnit findet sich in Blasenräumen vulkanischer Gesteine, besonders solchen aus älteren Erdperioden (Diabas, Melaphyr), meist zusammen mit Quarz, Kalkspat, Albit, seltener mit Datolith und zuweilen mit gediegenem Kupfer. Einige Fundorte sind: Niederscheld bei Dillenburg, Friedensdorf bei Biedenkopf in Hessen-Nassau, Radautal bei Harzburg im Harz, Niederkirchen bei Wolfstein in der Bayrischen Pfalz, Jordansmühl in Schlesien, Fassatal in Tirol (Tafel 64, 7), Bourg d'Oisans im Dauphinée (Tafel 64, 8), am Lake superior in Nordamerika etc. Von der Isle Royal im Lake superior kommen kleine, erbsen- bis nussgrosse, abgerollte Geschiebe, deren Oberfläche aus heller und dunkler grünen Platten zusammengefügt erscheint und etwa mit der Oberflächenzeichnung einer Schlangenhaut dem Aussehen nach verglichen werden könnte, im Innern sind die Stücke fein radialfaserig, nehmen gute Politur an und erinnern in Glanz und Farbe an Katzenauge. Diese Varietät heisst Chlorastrolith und findet als Schmuckstein Verwendung; in Idar habe ich dies Mineral bei Edelsteinhändlern gesehen (Herm. Wild).

Datolith. Wenn wir Datolith den Zeolithen anreihen, so geschieht es, weil er wie diese und oft mit mehreren von ihnen als Neubildung auftritt; man könnte auch noch darauf hinweisen, dass er sich beim Erhitzen vor dem Lötrohr aufbläht und die Bestandteile von Wasser enthält, aber dies wäre weniger massgebend. In der Zusammensetzung weicht er von der der Zeolithe recht erheblich ab, am nächsten würde er noch dem Apophyllit stehen, insofern als beide keine Tonerde enthalten, die sonst in keinem Zeolith fehlt, und jeder von beiden ein Element enthält, das sonst in Zeolithen nicht vorkommt, Fluor in Apophyllit, Bor in Datolith. Durch den Gehalt an Bor, wie überhaupt durch seine chemische Zusammensetzung und Kristallform, ist Datolith mit dem seltenen Euklas (Seite 230) nahe verwandt, wir stellen beide Formeln hier nebeneinander:

Datolith $H_2Ca_2B_2Si_2O_{10}$, Euklas $H_2Be_2B_2Si_2O_{10}$.

Das Calcium in Datolith ist also durch Beryllium in Euklas ersetzt, im übrigen enthalten sie dieselben Stoffe in gleichem Verhältnis. Auch in der Form kommt ihre Verwandtschaft zum Ausdruck, beide sind monoklin und ähnliche Flächen schneiden sich unter ähnlichen Winkeln. Die Kristalle von Datolith sind im ganzen sehr flächenreich, ihre Flächen sind klein, haben aber lebhaften Glanz, so dass der Kristallograph seine Freude an ihnen hat, für uns sind sie schon fast zu klein und zu flächenreich. Einen von verhältnismässig wenigen Flächen begrenzten Kristall sehen wir in Figur 9 der Tafel 64. Die aufrechten Flächen sind Prismen, darüber liegt eine grosse vordere Schiefendfläche, an den Seiten eine Pyramide, oben die Basis.

Die Kristalle sind wasserhell durchsichtig, haben lebhaften Glasglanz und sitzen meist dichtgedrängt auf ihrer Unterlage, so dass sie sich zur Abbildung sehr wenig eignen. Ihr spezifisches Gewicht ist 2,9—3,0, ihre Härte ist gleich 5. Durch Salzsäure wird das Mineral, wie Zeolithe, unter Gallertbildung zersetzt.

Datolith findet sich besonders auf Klüften in Eruptivgesteinen (Diabas, Melaphyr, Diorit), seltener auf Erzgängen. Fundorte sind: Andreasberg im Harz, Seisser Alp in Tirol, Baveno am Lago maggiore (tafelig), Serra dei Zanchetti im Appenin (Tafel 64, 9), Casarza in Ligurien, Toggiana in Modena, Arendal in Norwegen, Bergen Hill in New Jersey.

Kaolin und Ton.

Kaolin. Die Zeolithe können wir als Zwischenprodukte betrachten, die bei der Verwitterung von Feldspat und feldspatähnlichen Mineralien sich bilden, wobei wir es dahingestellt sein lassen, ob die Verwitterung durch heisse Quellen oder durch Minerallösungen im Innern der Erde bewirkt sei. Experimentell ist festgestellt worden, dass Zeolithe auf die eine wie auf die andere Weise sich aus dem Rohprodukt, den Feldspaten und feldspatähnlichen Mineralien bilden können; das Endprodukt der Verwitterung sind die Zeolithe noch nicht. Unter der Einwirkung von Wasser und Kohlensäure werden aus Feldspat die Alkalien und alkalischen Erden ausgelaugt und als Restprodukt bleibt Kaolin oder Porzellanerde, das ist wasserhaltiges Tonerdesilikat, übrig. Die völlige Zersetzung von Kalifeldspat in der Nähe der Erdoberfläche verläuft so, dass das Kali ausgelaugt und als Silikat oder Karbonat in Lösung fortgeführt wird; als einer der wichtigsten Nährstoffe kann es von den Pflanzen aus den Lösungen aufgenommen werden. Gleichzeitig wird hierbei aus dem Feldspat ein Teil der Kieselsäure frei und oft in der Umgebung als Quarz wieder ausgeschieden. Der Rest nimmt Wasser auf und heisst Kaolin. Rein schematisch wäre der Verlauf folgender:

Feldspat	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6\,SiO_2$		
Abgabe von . . .	K_2O	$4\,SiO_2$	
Aufnahme von . .			$2\,H_2O$
Restprodukt . .		$Al_2O_3 \cdot 2\,SiO_2 \cdot 2\,H_2O$.	

Ziehen wir die Bestandteile des Restprodukts in eine Formel zusammen, so haben wir $H_4Al_2Si_2O_9$ als Formel für Kaolin. Er ist das an der Oberfläche beständigste Tonerdesilikat und daher in seiner Hauptmasse durch keine anderen Prozesse als die, welche an der Erdoberfläche sich abspielen, entstanden; nur in einzelnen Fällen, bei der Bildung grosser Lager von reinem Kaolin, dürften heisse Quellen wesentlich mitgewirkt haben. In reinem Zustand ist Kaolin weiss, erdig, zerreiblich, leicht und weich. Mit Wasser durchfeuchtet ist er plastisch, vor dem Lötrohr lässt er sich nicht schmelzen, in starkem Feuer frittet er zusammen und nimmt darauf kein Wasser mehr auf; auf diesen Eigenschaften beruht seine Verwendbarkeit für Porzellan und er ist hierzu um so besser geeignet, je reiner er ist.

Lager von Kaolin fanden sich bei Aue in Sachsen im Granit, sind aber für die Porzellanfabrik in Meissen ausgebeutet worden. Bei Meissen selbst tritt Kaolin in Verbindung mit Pechstein auf, einem glasigen Eruptivgestein, dessen Feldspatmasse stellenweise völlig zu Kaolin verwittert ist. Eine solche rohe Porzellanerde enthält z. B. 57,46 % Tonsubstanz, 41,11 % Quarz, 1,43 % unverwitterte Feldspatsubstanz; die daraus abgeschlämmte Porzellanerde enthielt 56,15 % Kieselsäure, 32 % Tonerde, 10,81 % Wasser, 0,64 % Eisenoxyd, 0,33 % Kalk, 0,47 % Kali. Ausser in Sachsen, wo Lager von Porzellanerde recht verbreitet sind, kommen solche bei Passau in Bayern, Morl bei Halle etc. vor. Berühmt ist die Porzellanerde von Saint Yrieix in Frankreich, aus Cornwall in England, China etc.

Ein dichter, fester Kaolin führt den Namen Steinmark, wir haben ihn als Begleiter des Topases vom Schneckenstein kennen gelernt.

Ton. Der Verwitterungsprozess bringt es mit sich, dass Kaolin leicht mit anderen Mineralien gemengt wird. So enthält er am Ort der Verwitterung mehr oder weniger unverwitterten Feldspat und Quarzkörner, die aus dem verwitterten Gestein stammen. Als leichter, feiner Schlamm wird er durch das fliessende Wasser fortgeschwemmt und mit

Digitized by Google

Quarzsand, Kalk, eisenschüssiger Substanz und Kohle vermischt. Wenn in einem solchen Gemenge die Kaolinsubstanz noch bei weitem überwiegt, heisst es Ton, wenn es reichlich Sand und Eisen enthält, Lehm, wenn dazu noch Kalk in grösserer Menge tritt, Mergel; sie können als mechanische Gemenge schon nicht mehr zu den Mineralien gerechnet werden, wir führen sie hier nur an, weil sie technisch doch sehr wichtig sind und für den Boden die grösste Bedeutung haben. Mergel, der für den Boden durch seinen Kalkgehalt die günstigste Zusammensetzung hat, kann eben wegen dieses Kalkgehaltes nicht wie die andern Arten technisch verwendet werden.

Verwendung von Ton und Kaolin. Aus Lehm und unreinem Ton werden die Backsteine und Ziegel hergestellt, aus Ton je nach seiner Reinheit geringwertige Tongeschirre, Fayence, Steingut und feuerfeste Tonwaren. Die Gefässe werden geformt, getrocknet und wenn es darauf ankommt, dass sie wasserdicht sind, mit einer Glasur, die ungefähr die Zusammensetzung von Glas hat, überzogen, darauf gebrannt. Ihre Farbe erhält die Glasur durch Zusatz von Metallverbindungen, blaue Farbe durch Smalte, gelbe durch Schwefelantimon, braune und schwarze durch Braunstein und Kupferasche, weisse durch Zinnasche. Der grösste Teil dieser Waren sind Gebrauchsgegenstände und einfarbig oder mit einem rohen Muster bemalt. Dass aber auch aus Ton und Glasur Kunstwerke hergestellt werden können, die die Form des Marmors mit dem Farbenglanz eines Oelbildes in sich vereinigen, haben Lucas und Andrea della Robbia der staunenden Welt gezeigt, es sei nur an die köstlichen Wickelkinder am Findelhaus in Florenz und die reizenden Madonnenreliefs erinnert. Auch die bekannten, künstlerisch gleichfalls oft hochstehenden Majolikaarbeiten sind aus Ton unter geschickter Benutzung der Glasurfarben hergestellt.

Feuerfeste Tonwaren erfordern einen Ton, der weder Feldspat noch Kalk oder Eisen enthält und darum auch bei den höchsten Temperaturen nicht schmilzt und sintert Es werden hieraus die Schamottesteine, die hessischen und (mit Graphit gemengt) die Passauer Tiegel, die in Glashütten zum Schmelzen des Glases dienenden Glashäfen und andere Gefässe hergestellt, die die höchsten Temperaturgrade aushalten müssen.

Das feinste Material der Tonwaren ist das Porzellan, das aus dem mit Feldspatsubstanz und Quarz gemengten Kaolin hergestellt wird. Die zu feinem Schlamm gemahlene Masse wird erst einer Art Gärung unterworfen, getrocknet, geformt und zunächst bei gelinder Hitze gebrannt. Darauf werden die Gegenstände in Wasser gebracht, in welchem fein gemahlenes Feldspatpulver aufgeschlämmt ist; indem Wasser von ihnen aufgesaugt wird, schlägt sich eine dünne Schicht Feldspatpulver auf der Oberfläche nieder. Nach dem Trocknen werden sie auf Weissglut erhitzt, wobei der Feldspat schmilzt und in die feinsten Poren eindringt; beim Erkalten, das ganz allmählich eingeleitet wird, erstarrt die Feldspatsubstanz zu Glas, das die feinsten Tonteilchen aufs innigste verbindet und den geringen Grad von Lichtdurchlässigkeit bewirkt, der für Porzellan charakteristisch ist. Die feuerbeständigen Farben werden vor dem zweiten Brennen aufgelegt, die anderen nach diesem und bei gelinder Hitze eingebrannt.

Dass das Porzellan zuerst von China aus in den Handel gekommen ist und dass auch aus ihm Kunstwerke, Vasen und Figuren, hergestellt werden, ist bekannt.

Pyroxengruppe.

Alle die bisher genannten gesteinsbildenden Mineralien und ihre Verwitterungsprodukte sind frei von Eisen und darum mit wenigen Ausnahmen hell gefärbt; die nun folgenden enthalten fast alle Eisen und sind hierdurch dunkel gefärbt, so dass man sie als die dunklen Gemengteile den hellen gegenüberstellen kann. Durch chemische Zusammensetzung und Kristallform stehen immer mehrere von ihnen untereinander in näherer Beziehung, sie werden in eine Gruppe zusammengefasst und mit einem Sammelnamen bezeichnet. Die Reihenfolge, in der wir die Gruppen anordnen ist im ganzen willkürlich, wir beginnen mit der Pyroxengruppe, schliessen daran die Amphibolgruppe, Glimmer-, Chlorit- und Olivingruppe und lassen dieser einige Silikate folgen, die in keine Gruppe gut passen.

Die zur Pyroxengruppe gehörigen Mineralien sind Silikate, von denen die meisten Magnesia und Eisen in wechselndem Verhältnis enthalten; manche (Enstatit, Bronzit, Hypersthen) enthalten nur diese beiden basischen Bestandteile und das Verhältnis von Base zu Kieselsäure ist in ihnen 1:1; z. B. ist in $MgSiO_3$ $MgO:SiO_2 = 1:1$. Andere Mineralien dieser Gruppe enthalten ausser Magnesia und Eisenoxydul noch Kalk, so dass das Verhältnis von Magnesia-Eisensilikat zu Kalksilikat wie 1:1 ist (Diopsid). In wieder anderen tritt zu diesen Bestandteilen noch Tonerde hinzu (Augit), so dass man hiernach tonerdehaltige und tonerdefreie Pyroxene unterscheiden kann. Entfernter verwandt mit diesen sind Mineralien, die Alkali enthalten (Spodumen, Akmit), oder Kalk ohne Magnesia (Wollastonit), oder Mangan (Rhodonit). Die zuerst genannten sind rhombisch, das letzte ist triklin, die andern sind monoklin. Wir haben demnach die folgende Uebersicht über die Mineralien der Pyroxengruppe:

1. Enstatit, Bronzit und Hypersthen $MgSiO_3$ mit steigendem Gehalt an $FeSiO_3$, rhombisch; mit Rücksicht auf andere Glieder dieser Gruppe wird ihre Formel oft verdoppelt geschrieben, also $Mg_2Si_2O_6$ und $Fe_2Si_2O_6$;
2. Diopsid und Hedenbergit $Ca \cdot (Mg,Fe)Si_2O_6$ mit steigendem Eisengehalt, monoklin;
3. Augit und Diallag $Ca \cdot (Mg,Fe)Si_2O_6 \cdot (Mg,Fe)(Al,Fe)_2SiO_6$, monoklin;
4. Spodumen $LiAlSi_2O_6$ und Akmit $NaFeSi_2O_6$, monoklin;
5. Wollastonit $CaSiO_3$, monoklin;
6. Rhodonit $(Mn,Ca)_2Si_2O_6$, triklin.

Von diesen haben wir Rhodonit bereits bei den Manganverbindungen (Seite 162) kennen gelernt, mit den anderen wollen wir uns jetzt beschäftigen und sie in der hier genannten Reihenfolge besprechen. Ihre Verwandtschaft mit Hornblende werden wir bei dieser zur Sprache bringen.

Enstatit, Bronzit und **Hypersthen** sind isomorphe Mischungen von Magnesiasilikat mit Eisensilikat in wechselndem Verhältnis, Enstatit enthält bis zu 5 % Eisenoxydul, Bronzit 5—15 % und Hypersthen 15—30 % Eisenoxydul; das reine Magnesiasilikat müsste 40 % Magnesia und 60 % Kieselsäure, das reine Eisensilikat 54,4 % Eisenoxydul und 45,6 % Kieselsäure enthalten, diese reinen Endglieder sind aber nicht bekannt. Von dem Eisengehalt der Mischungen hängt ihre Farbe ab, Enstatit ist farblos, gelblich, grünlich, (Tafel 65, 1) Bronzit grün und braun, Hypersthen schwärzlichbraun (Tafel 65, 2) und grün; dazu zeigt Bronzit einen metallischen bronzefarbigen, Hypersthen einen metallischen kupferartigen Schiller, der durch dünne, parallel der Querfläche eingelagerte braune Blättchen (Textfigur 229) erzeugt wird, die angeblich Titaneisen angehören; sie rufen den Eindruck hervor, als ob sie sich zueinander in Zwillingsstellung befänden. Der Schiller tritt um so stärker hervor, als die Mineralien nach der Querfläche sich leicht und mit

Digitized by Google

glatten Flächen trennen lassen, wahrscheinlich wird diese Trennbarkeit gerade durch jene dünnen Blättchen bewirkt. Daneben besitzen sie Spaltbarkeit nach zwei unter nahezu 90° (88°) sich schneidenden Richtungen, die den Flächen des Vertikalprismas parallel gehen.

Wie die Farbe, so hängt von dem Eisengehalt auch das spezifische Gewicht ab, von 3,1 bei Enstatit steigt es bis zu 3,5 bei Hypersthen. Die Härte liegt bei allen zwischen 5 und 6. Bei Verwitterung werden sie weicher und gehen in Serpentin, Talk oder Speckstein über, auch der in Figur 1 der Tafel 65 abgebildete Kristall ist bereits in eins dieser Mineralien umgewandelt. Die metallisch schillernden behalten dabei ihren Schiller bei; ein solcher in Serpentin umgewandelter Bronzit ist der Schillerspat von der Baste im Radautal im Harz.

Fig. 229.

Hypersthen mit Einschlüssen eines dunklen Minerals.

Kristalle sind im ganzen selten, die grössten sind von Enstatit aus dem norwegischen Kirchspiel Bamle bei Kjönestad bekannt geworden, wo man über 40 cm lange Kristalle gefunden hat, aber mit rauhen, nur durch Anlegegoniometer messbaren Flächen. An dem in Figur 1 abgebildeten Kristall gehören die Flächen an der Seite dem Vertikalprisma an, die grosse ist die Querfläche, die Endfläche ist gerundet. Meist kommen diese Mineralien nur in unregelmässigen Körnern als Gemengteile von Eruptivgesteinen vor, Enstatit in Andesit, Bronzit mit Olivin in Ausscheidungen von Basalt, Hypersthen in Gabbro.

Infolge der leichten Trennbarkeit nach einer Richtung sind die Körner von feinen, dichtgedrängten Rissen durchzogen, die in der Abbildung 229 diagonal verlaufen; die Auslöschung erfolgt parallel und senkrecht zu diesen Rissen, die Doppelbrechung ist schwach, Dichroismus ist bei den eisenarmen kaum wahrnehmbar und noch recht schwach bei den eisenreichen Gliedern. Die Lichtbrechung ist recht kräftig, der mittlere Brechungsexponent beträgt bei Enstatit 1,669, bei Hypersthen 1,702.

Der reinste Enstatit ist in einigen Meteoriten nachgewiesen, die grossen, nie mehr ganz frischen Kristalle (Tafel 65, 1) kommen aus dem Kirchspiel Bamle in Norwegen, in Eruptivgesteinen ist Enstatit im ganzen selten. Bronzit kommt in grösseren Körnern zu Kupferberg bei Bayreuth, Kraubat in Steiermark, Ultental in Tirol, in kleinen aber doch recht deutlichen Körnern in den Olivinausscheidungen des Basalts im Vogelsberg, am Dreiser Weiher in der Eifel und andern Basalten recht verbreitet vor. Hypersthen ist als Gemengteil von Andesit in Siebenbürgen, in der Auvergne, Nevada und in der ganzen Andenkette Nord- und Südamerikas weit verbreitet. Der schillernde Hypersthen findet sich mit dem durch sein lebhaftes Farbenspiel ausgezeichneten Labradorfeldspat (Tafel 61, 12) auf der Insel St. Paul an der Küste von Labrador und wird wegen seines Schillers als Schmuckstein verwendet und hierzu mugelig mit flacher Wölbung geschliffen.

Diopsid. Zu dem Magnesia-Eisensilikat, das in den vorhergehenden Mineralien allein enthalten war, tritt im Diopsid noch Calciumsilikat und zwar immer in dem Verhältnis, dass mit einem Molekül der ersteren Mischung ein Molekül des Calciumsilikates verbunden

Digitized by Google

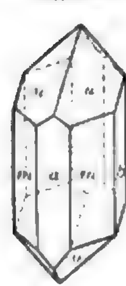
ist, der Eisengehalt und damit die Farbe ist also auch bei Diopsid wechselnd. Der eigentliche Diopsid (Tafel 65,4 und 7) ist hell- bis dunkelgrün, das eisenreichste Endglied, Hedenbergit genannt, ist schwarz, der erstere ist durchsichtig, der andere undurchsichtig. Bisweilen ist die Farbe schon an demselben Kristall verschieden, das eine Ende ist hellgrün, nahezu farblos, das andere Ende dunkellauchgrün. Tonerde fehlt vollständig oder ist nur in ganz geringer Menge in Diopsid enthalten. Als Beispiel führen wir die Zusammensetzung eines farblosen Diopsids aus dem Alatal an, es wurden in ihm gefunden: 54,74 % Kieselsäure, 17,02 % Magnesia, 2,91 % Eisenoxydul, 26,03 % Kalk.

Die Kristalle von Diopsid sind säulenförmig; gross entwickelt ist in der Regel das Klinopinakoid und das Orthopinakoid, beide zusammen bilden eine rechtwinkelige Säule, deren Kanten durch die schmalen Flächen des Vertikalprismas abgestumpft werden; das Ende ist von Pyramidenflächen und Schiefendflächen begrenzt. An dem grossen Kristall der Figur 4 auf Tafel 65 sind die aufrechten grossen Flächen die beiden Pinakoide, die schmale vordere Fläche ist eine Fläche des Vertikalprismas, die Fläche darüber ist eine Pyramidenfläche. Dem Kristall in Figur 7 fehlen die steilen Flächen am Ende. Die Flächen des Vertikalprismas schneiden sich vorn in einem Winkel von 87° 10′, ihnen geht eine nicht sehr vollkommene, aber doch deutliche Spaltbarkeit parallel. Die Härte ist $5^1/_2$—6, das spezifische Gewicht beträgt 3,2—3,3.

Der hier beschriebene eigentliche Diopsid kommt in aufgewachsenen Kristallen in Gesellschaft von Serpentin auf Gängen zusammen mit Kaneelstein und Chlorit im Alatal in Piemont (Tafel 65, 4) und ebenso auf der Achmatowschen Grube bei Slatoust im Ural (Tafel 65, 7) vor, zusammen mit Granat, Chlorit und Titanit (Tafel 40, 10).

Dieser tonerdefreie eigentliche Diopsid ist mit dem tonerdehaltigen gemeinen Augit durch Uebergänge verbunden und es ist nicht immer leicht zu sagen, ob man einen Kristall nach seiner Zusammensetzung zu Diopsid oder zu Augit stellen soll, darum haben diese Zwischenglieder vielfach besondere Namen (Salit, Baikalit, Fassait, Pyrgom etc.) bekommen, wir wollen sie mit dem Sammelnamen Pyroxen bezeichnen und sie, von dem eigentlichen, gesteinsbildenden Augit getrennt, hier nennen. Auf unserer Tafel sind in den Figuren 5, 6 und 8 einige solche abgebildet. Die dunkelgrünen, fast schwarzen Kristalle in Figur 5 (z. B. der aufrechte in der Mitte) zeigen die beiden grossen Pinakoide, ganz schmal (wie eine Linie) das Vertikalprisma, an dem Ende matte, mit Chloritstaub bedeckte Schiefendflächen; sie sind, wie die Farbe andeutet, eisenreich und enthalten 51 % Kieselsäure, 5,9 % Magnesia, 17,3 % Eisenoxydul, 1 % Eisenoxyd, 1 % Tonerde und 22,44 % Kalk. Sie stammen aus den Magneteisengruben von Nordmarken bei Philipstad in Wermland, Schweden.

Fig. 230.



Pyroxen.

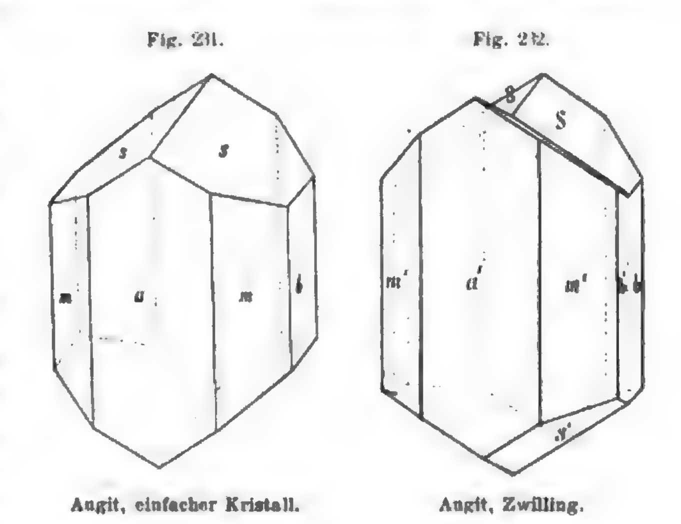
Ist bei diesen Kristallen das Vertikalprisma noch schmäler als bei dem eigentlichen Diopsid, so ist es bei denen der Figur 8 breiter; die Kristalle sind nach vorn geneigt aufgenommen, damit man die Endbegrenzung gut sehen kann; ihre Form erläutert uns die beistehende Textfigur 230, *m* ist das Vertikalprisma ∞P, *a* das Orthopinakoid $\infty P\bar{\infty}$, *b* das Klinopinakoid $\infty P\grave{\infty}$, *u* und *o* sind Pyramidenflächen. An dem linken Kristall der Abbildung sind die Pyramidenflächen gross, Prismen- und Pinakoidflächen ziemlich gleich breit; es sind in der Hauptsache dieselben Flächen wie an dem Diopsidkristall 4 der Tafel 65, nur sind da die Prismenflächen schmäler. Die Stufe stammt von Burgess in der Provinz Ontario, Kanada, und gehört wahrscheinlich auch zu Diopsid.

Von diesem in der Form nicht sehr verschieden ist der Kristall in Figur 6; das weisse Mineral, das ihn begleitet, ist Kalkspat, wahrscheinlich ist der Augit selbst im Kalkstein durch Kontakt desselben mit einem Eruptivgestein entstanden. Man kennt solch

Digitized by Google

grünen Augit als Kontaktmineral aus dem Fassatal in Südtirol und hat ihn nach diesem Fundort Fassait genannt, dieser Name käme auch unserem Kristall zu; er stammt von Pitcairn in St. Lawrence County in New York. Nach Analogie mit anderen Vorkommen wäre anzunehmen, dass er Tonerde als wesentlichen Gemengteil enthält.

Augit. Das häufigste Glied der Pyroxenreihe ist der Augit, eines der wichtigsten gesteinsbildenden Mineralien. Schöne, klare und grosse Kristalle kennt man von ihm nicht, er ist ein nüchternes Mineral, wie die meisten, aus denen die Gesteine bestehen. Seine Kristalle (Tafel 65, 9–11) sind schwarzbraun und undurchsichtig. Recht charakteristisch ist die Form der einfachen Kristalle und der Zwillinge; leicht erkennen wir an den ersteren, dass sie eine Symmetrie besitzen und darum monoklin sind. Mit dem Vertikalprisma (*m* in Textfigur 231), dessen Flächen sich vorn unter einem Winkel von 87° schneiden, ist das Klinopinakoid (*b*) verbunden, das die seitliche Kante abstumpft und das Orthopinakoid *a*, das die vordere Kante abstumpft, der Querschnitt ist hierdurch achtseitig (Tafel 67, 1). Als Endbegrenzung treten zwei schief aufgesetzte Flächen (*s*) auf, die man kurzweg als augitisches Paar bezeichnet, bisweilen tritt dazu noch eine Schiefendfläche, die als Basis angenommen wird. Unserer Textfigur 231 entspricht genau der auf Tafel 65 in Figur 9 abgebildete Kristall. In den Zwillingen (Textfigur 232) haben die verwachsenen Individuen das Orthopinakoid gemeinsam und das eine erscheint gegen das andere um 180° gedreht. Charakteristisch für sie ist der einspringende Winkel auf der einen Seite (Tafel 65, 10) und das Auftreten von vier Flächen ohne einspringenden Winkel (Tafel 65, 11) auf der entgegengesetzten Seite. Die Gestalt der Kristalle ist meist gedrungen, so wie die Abbildungen auf Tafel 65 es zeigen, ihre Grösse ist meist geringer, namentlich die Kristalle in Figur 9 und 11 sind ausgesucht gross. Die Kristalle finden sich eingewachsen im Gestein (Basalt, Lava), sind daher ringsum von Flächen begrenzt.



Augit, einfacher Kristall. Augit, Zwilling.

Das spezifische Gewicht beträgt 3,3–3,4, die Härte liegt zwischen 5 und 6, eine nicht sehr vollkommene Spaltbarkeit geht den Prismenflächen parallel, der Bruch ist eher muschelig als eben. Die weiteren Eigenschaften erkennen wir wegen der Undurchsichtigkeit erst im Dünnschliff. Augit wird hier mit hellbrauner oder violettbrauner Farbe durchsichtig und seine Umrissformen sind achtseitig im Querschnitt, sechsseitig oder rhombisch in Längsschnitten; bisweilen auch ganz unregelmässig, er ist dann nicht als Kristall, sondern in Körnern im Gestein enthalten. Die Spaltbarkeit nach dem Prisma verrät sich durch Risse, die den Prismenflächen parallel gehen und die sich im Querschnitt fast unter 90° schneiden (Tafel 67, 1), die dunklen Konturen deuten auf starke Lichtbrechung ($n = 1{,}72$). Dreht man den Schliff über dem unteren Nicolschen Prisma, so bemerkt man keine oder nur sehr geringe Farbenänderung, der Dichroismus ist demnach gering. Bei gekreuzten Nicols treten im Augitdurchschnitt lebhafte Polarisationsfarben auf, wir schliessen daraus auf kräftige Doppelbrechung; drehen wir den Schliff, bis der Augit dunkel wird, so sehen wir, dass die Durchschnitte mit rhombischem Umriss sehr schief gegen die Arme des Fadenkreuzes liegen, wir schliessen hieraus, dass bei Augit die Auslöschungsschiefe (Seite 56) einen grossen Betrag erreicht, sie geht in der Tat über 40° hinaus. Wegen

Digitized by Google

der hohen Auslöschungsschiefe lässt sich die Zwillingsbildung im polarisierten Licht leicht erkennen, auch wenn von einspringenden Winkeln gar nichts zu sehen ist (Textfigur 233); wenn das eine Individuum durch Drehen des Objekttisches dunkel geworden ist, ist das andere noch hell. Man findet hierbei manchmal, dass das eine Individuum nur als feine Lamelle in einen sonst einheitlichen Kristall eingelagert ist, an dem unverletzten Kristall würde man diese Zwillingsbildung gar nicht erkennen, erst das Mikroskop enthüllt sie uns. Bisweilen finden wir Augit mit Hornblende regelmässig verwachsen (Tafel 67, 3), wir wollen dies aber erst besprechen, nachdem wir Hornblende kennen gelernt haben.

Fig. 233.

Augitzwilling in polarisiertem Licht.

Die chemische Zusammensetzung von Augit wird dadurch kompliziert, dass zu den Bestandteilen von Diopsid noch Tonerde und Eisenoxyd, bisweilen auch Titansäure und Manganoxydul hinzutritt und der eine Bestandteil immer durch einen anderen in wechselnder Menge ersetzt werden kann. Ein Augit von Härtlingen im Westerwald enthält z. B. 47,52% SiO_2, 8,13% Al_2O_3, 5,83% Fe_2O_3, 7,77% FeO, 0,40% MnO, 18,25% CaO, 12,76% MgO. Ein Augit von der Limburg im Kaiserstuhl enthält: 44,15% SiO_2, 4,57% TiO_2, 6,90% Al_2O_3, 6,02% Fe_2O_3, 3,49% FeO, 22,79% CaO, 12,28% MgO. Andere Augite enthalten dazu noch Chromoxyd, wieder andere Natron etc., die Zusammensetzung ist grossen Schwankungen unterworfen. Die chemische Formel, in der diese wechselnde Zusammensetzung ihren Ausdruck findet, haben wir oben kennen gelernt, hier sei darauf verwiesen. Von Säuren, selbst von Flusssäure, wird Augit fast gar nicht angegriffen, gleichwohl ist er in der Natur der Verwitterung unterworfen und es geht aus ihm besonders Chlorit hervor.

Der Augit mit den hier beschriebenen Eigenschaften ist wesentlicher Gemengteil von Basalt, Melaphyr, Diabas und den ihnen verwandten Ergussgesteinen und ihren Tuffen; die losen Kristalle stammen fast alle aus Tuffen oder den Aschen von noch jetzt tätigen Vulkanen. Einige Orte sind: Forstberg im Gebiet des Laacher Sees, Härtlingen im Westerwald, Vogelsberg, Rhön, Kaiserstuhl, Aetna, besonders reich an guten, freien Kristallen sind die Basalttuffe des böhmischen Mittelgebirges, Schima, Boreslau, Wolfsberg bei Czernoschin sind einige der bekanntesten Fundpunkte dieses Gebietes, die Kristalle 9 und 11 unserer Tafel stammen von hier.

Diallag oder Blätteraugit. Von Augit unterscheidet sich Diallag weniger durch seine Zusammensetzung als durch seine Ausbildung und sein Vorkommen. Er bildet niemals Kristalle, sondern nur derbe Massen, die sich nach einer Richtung hin sehr leicht trennen lassen (daher Blätteraugit) und hierdurch rhombischen Pyroxenen ähnlich sehen. Wie diese besitzt auch Diallag auf der Absonderungsfläche Perlmutterglanz oder metallischen Schiller und es ist manchmal nicht gut möglich, Diallag von Bronzit mit dem blossen Auge zu unterscheiden. Wohl aber ist dies in Dünnschliffen möglich, indem Diallag die grosse Auslöschungsschiefe des monoklinen Augits, Bronzit aber gerade Auslöschung besitzt. Die Farbe ist braun, grau oder grünlich, oft gefleckt (Tafel 65, 12) durch

Digitized by Google

mehr oder weniger vorgeschrittene Umwandlung in Serpentin oder Chlorit. Im übrigen sind die Eigenschaften von Diallag sehr ähnlich denen von Augit. Er ist wesentlicher Gemengteil von Gabbro, an dessen Zusammensetzung ausserdem Labradorfeldspat und oft Olivin teilnimmt. Einige Fundorte sind: Volpersdorf in Schlesien, Radautal im Harz, Ultental in Tirol, Prato bei Florenz.

Spodumen oder Triphan. Von Augit unterscheidet sich dies Mineral recht erheblich in der chemischen Zusammensetzung, indem es Kalk, Magnesia und Eisen nicht mehr als wesentliche Gemengteile enthält, dafür ist Lithion eingetreten und mit Tonerde und Kieselsäure verbunden, es ist das erste lithionreiche Mineral, das uns begegnet. Ein Kristall, von demselben Fundort, wie der hier auf Tafel 65, 3 abgebildete, hat bei der Analyse folgende Zusammensetzung ergeben: 63,90 % SiO_2, 28,70 % Al_2O_3, 5,0 % Li_2O, 0,80 % Na_2O, 0,26 % CaO.

Dass das Mineral eisenfrei sei, möchte man schon aus seiner hellen Farbe schliessen, dass es Lithion enthält, erkennt man an der roten Färbung, die es der Flamme erteilt, wenn man es auf Kohle oder besser in einer Pinzette mit Platinspitzen schmilzt. Dass es trotz der abweichenden Zusammensetzung mit Augit verwandt ist, ergibt sich aus seiner allgemeinen Formel $LiAlSi_2O_6$ (vergleiche oben Seite 318) und seiner Kristallform. Die Kristalle sind monoklin, die Flächen des Vertikalprismas schneiden sich wie bei Augit unter 87°; das Orthopinakoid ist breit entwickelt und grob vertikal gestreift (Tafel 65, 3), dem Ende sind Flächen schief aufgesetzt, die wir wieder als augitisches Paar bezeichnen können. Nach den Flächen des Vertikalprismas ist das Mineral vollkommen spaltbar, auch hierin zeigt sich die Verwandtschaft mit Augit. Häufiger als Kristalle sind blättrige und stengelige Massen.

Die Färbung ist meist wenig intensiv, graulichweiss, rosarot, gelblichgrün und violett. Prachtvoll smaragdgrüne, durch etwas Chrom gefärbte Kristalle haben den Namen Hiddenit oder Lithionsmaragd, schön lilagefärbte, vollkommen durchsichtige, grosse Kristalle den Namen Kunzit bekommen. Die grünen und lilagefärbten sind stark dichroitisch worauf, wenn sie als Edelsteine geschliffen werden sollen, Rücksicht zu nehmen ist. Das spezifische Gewicht (3,1—3,2) lässt die grünen von Smaragd leicht unterscheiden.

Spodumen ist im ganzen ein seltenes Mineral, die Kristalle sind alle amerikanischen Ursprungs. Es finden sich solche zusammen mit Glimmer, Beryll und Turmalin auf einem Quarzgang in Glimmerschiefer bei Norwich (oder Huntington) in Massachusetts, von hier stammt der Kristall unserer Tafel. Ebenfalls mit Turmalin und Beryll bei Goshen. Riesige, bis 3 m hohe Spodumenkristalle sind auf der Etta-Zinngrube bei Harney in den Black Hills in Dakota, die ebenfalls sehr grossen, lilafarbigen Kristalle des Kunzit sind bei Pala in Kalifornien gefunden worden. Die Hiddenit genannte Varietät wird bei Stony Point in Alexander County, North-Karolina, und gelblichgrüne Kristalle und Bruchstücke in Minas Geraes in Brasilien gefunden.

Verwendung. Der gelblichgrüne Spodumen aus Brasilien, der smaragdgrüne Hiddenit und der violette Kunzit werden als Edelsteine benutzt, Hiddenit sieht man aber in Deutschland nur sehr selten, Kunzit ist erst vor kurzem gefunden und nach dem um die Erforschung der nordamerikanischen Edelsteine verdienten Dr. Kunz benannt worden.

Der trübe Spodumen wird, wo er in genügender Menge vorkommt, gewonnen (Black Hills, Dakota) und zur Herstellung von Lithionpräparaten benutzt.

Den dem Spodumen nahe verwandten Jadeit werden wir zusammen mit Nephrit nach den Mineralien der Amphibolgruppe kennen lernen.

Akmit. Die Kristalle von Akmit sehen nicht so aus, als ob sie monokline Glieder der Pyroxengruppe seien, sie sind scheinbar rhombisch und unterscheiden sich in ihrer Gestalt erheblich von Augit. Und doch sind sie monoklin und ihre Form ist im Wesen,

d. h. in den Winkeln, unter denen sich gewisse Flächen schneiden, von der Augitform nur wenig verschieden. Die breite Fläche vorn (Tafel 65, 13, 14) ist das Orthopinakoid, die schmäleren Flächen links und rechts davon gehören dem Vertikalprisma an und bilden einen Winkel von 87° miteinander wie bei Augit; der grösste Unterschied gegen diesen liegt in der steilen Endbegrenzung, die von einer Pyramide gebildet wird, der man das Naumannsche Zeichen $6P$ geben kann. Die Rückseite zeigt dieselben Flächen wie die Vorderseite, weil die Kristalle Zwillinge sind. Zwillingsebene ist wie bei Augit das Orthopinakoid und wie bei diesem (Tafel 65, 11) treten auch hier an einem Ende im ganzen vier Pyramidenflächen auf, wodurch der Kristall wie rhombisch aussieht, um so mehr, als das entgegengesetzte Ende, an dem einspringende Winkel zu erwarten wären, meist abgebrochen ist. Ausser Kristallen mit solch steilen Pyramidenflächen am Ende gibt es auch solche mit flachen Endflächen und diese sehen dann Augit schon mehr ähnlich.

Nach der Form und Farbe werden zwei Varietäten unterschieden, die steilen und stumpfen braunen Kristalle sind Akmit im engeren Sinn (Tafel 65, 13 und 14) und stumpfe dunkelgrünlich-schwarze heissen Aegirin (Tafel 65, 15), nach dem durch den Gesang an Aegir wieder modern gewordenen nordischen Meergott.

Wie Augit besitzt auch Akmit und Aegirin Spaltbarkeit nach den Prismenflächen, ein hohes spezifisches Gewicht von 3,5 und Härte 6.

Vor dem Lötrohr lässt sich Akmit und Aegirin leicht schmelzen, er färbt die Flamme hierbei gelb, die geschmolzene Masse ist magnetisch, die Hauptbestandteile ausser Kieselsäure, nämlich Natron und Eisen sind hierdurch angezeigt, die quantitative Analyse führt auf die Formel $NaFeSi_2O_6$.

Der eigentliche Akmit kommt in Quarz eingewachsen in einem Gang in Granit auf Eker in Norwegen vor. Die Kristalle sind oft zerbrochen, ihre Teile sind mehr oder weniger gegeneinander verschoben und durch Akmit- und Quarzsubstanz wieder miteinander verkittet. Der Aegirin ist Gemengteil von Elaeolithsyenit und kommt auf Gängen dieser Gesteine bisweilen in armsdicken und fusslangen Kristallen vor, er stellt in der Pyroxengruppe wohl die grössten Kristalle. So findet er sich am Langesundfjord in Norwegen und bei Kangerdluarsuk in Grönland. Gesteinsbildend auf der Halbinsel Kola in Russland, in der Sierra de Tinguá in Brasilien.

Der Natrongehalt, der in vielen gesteinsbildenden Augiten nachgewiesen ist, z. B. in dem Augit des Noseanphonoliths im Laacher Seegebiet, wird auf beigemischten Aegirin zurückgeführt.

Wollastonit. Dies nach dem Physiker Wollaston benannte Mineral kommt im ganzen nur selten in deutlichen Kristallen vor. Sie sind monoklin, nach einer Fläche tafelig, darum heisst das Mineral auch Tafelspat, und meist so klein, dass sie sich zur naturgetreuen Abbildung nicht eignen. Selten sind auch zierliche baumförmige Wachstumsformen, wie wir sie in Figur 6 der Tafel 2 kennen gelernt haben. Charakteristisch für das Mineral sind weisse oder graue, perlmutterartig glänzende, blättrige, oder seidenartig glänzende, unregelmässig radialfaserige Massen (Tafel 65, 16), die fast immer mit körnigem Kalk zusammen auftreten und in deren Gesellschaft sich in der Regel Granat und Vesuvian findet, es ist ein echtes Kontaktmineral und aus unreinem Kalkstein durch die Einwirkung von Eruptivgesteinen (Granit, Syenit, Diorit) entstanden.

Wollastonit besteht nämlich aus Kalk und Kieselsäure, beide Stoffe waren im Kalkstein ursprünglich enthalten, aber nicht miteinander verbunden, erst die Hitze und die von dem Eruptivgestein ausgehenden heissen Lösungen haben ihre Vereinigung zu kieselsaurem Kalk $CaSiO_3$ bewirkt. In Wollastonit liegt diese Verbindung für sich allein vor, während sie in Diopsid mit Magnesiaeisensilikat zu einem Doppelsalz vereinigt ist. Wollastonit wird von Salzsäure zersetzt, die Kieselsäure scheidet sich als Gallerte aus, den Kalk kann

man an der rotgelben Färbung, die die salzsaure Lösung der Flamme erteilt, erkennen. Durch diese leichte Zersetzbarkeit unterscheidet sich Wollastonit von allen andern Gliedern der Pyroxengruppe.

Derber, faseriger Wollastonit findet sich bei Auerbach an der Bergstrasse (Tafel 65, 16) und bei Cziklova in Ungarn. Kristalle kommen in Einschlüssen und Auswürflingen am Vesuv, bei Capo di Bove bei Rom, auf Santorin etc. vor, die auf Tafel 2, Figur 5 abgebildeten blumigen Aggregate sind auf Klüften eines schwarzen Kalksteins bei Berggiesshübel in Sachsen vorgekommen.

Amphibolgruppe.

Zwischen den Mineralien der Pyroxengruppe, die wir eben kennen gelernt haben, und denen der Amphibolgruppe bestehen mancherlei Beziehungen, so dass sie zusammen in eine grosse Gruppe vereinigt werden könnten. Ihre Bestandteile sind die gleichen, aber das Mengenverhältnis ist bei vielen ein anderes. Am klarsten tritt dies bei den Gliedern hervor, in denen das Magnesiasilikat mit dem Kalksilikat verbunden ist. In dem der Pyroxengruppe angehörenden Diopsid sind diese in dem Verhältnis 1:1 verbunden, in dem analogen, zur Hornblendegruppe gehörenden Tremolit aber in dem Verhältnis 3:1, seine Zusammensetzung wird durch die einfachste Formel $3\,MgSiO_3 \cdot CaSiO_3$ oder $Mg_3CaSi_4O_{12}$ ausgedrückt. Damit nun die Verwandtschaft der übrigen Glieder mit diesem in der Formel zum Ausdruck kommt, behält man für sie die Formel der Säure Si_4O_{12} bei und schreibt für das einfache Magnesiasilikat die Formel nicht $MgSiO_3$ sondern $Mg_4Si_4O_{12}$; in dem Verhältnis der Bestandteile, wie es durch die quantitative Analyse ermittelt worden ist, ist hierdurch nichts geändert, da jedes Glied, MgO sowohl wie SiO_2, mit vier multipliziert worden ist. Die Formel würde ausdrücken, dass das Molekül eines Minerals der Hornblendegruppe grösser wäre als das des analogen Minerals der Pyroxengruppe; es wäre eine besondere Art von Dimorphismus. Mit diesem einfachen Magnesiasilikat, das mehr oder weniger Eisenoxydulsilikat beigemischt enthält (Anthophyllit), ist in andern Mineralien der Hornblendegruppe Kalksilikat verbunden (Tremolit und Strahlstein), dazu tritt Tonerde (Hornblende) und in anderen ist statt des Kalks Natron, statt der Tonerde Eisenoxyd vorhanden, die Analogie mit den Mineralien der Pyroxengruppe ist vollständig, nur fehlen in der Hornblendegruppe die lithionreichen Vertreter.

Wie in der Pyroxengruppe sind auch hier die einfachsten Glieder rhombisch, die anderen monoklin, trikline spielen keine Rolle. Alle besitzen deutliche Spaltbarkeit nach einem Prisma, dessen Flächen sich unter annähernd 124° schneiden und das als Vertikalprisma angenommen wird; das spezifische Gewicht liegt bei allen zwischen 3,1 und 3,2, ist also geringer als das der Pyroxene. Geschmolzene Hornblende erstarrt nicht wieder als Hornblende, sondern in der Hauptsache als Pyroxen, nimmt auch das höhere spezifische Gewicht an.

Wir haben demnach folgende Uebersicht über die Mineralien der Amphibolgruppe:

Anthophyllit $(Mg,Fe)_4Si_4O_{12}$	rhombisch;
Tremolit und Strahlstein $(Mg,Fe)_3CaSi_4O_{12}$	monoklin;
Hornblende $(Mg,Fe)_3CaSi_4O_{12} \cdot CaMg_2Al_2Si_3O_{12} \cdot Na_2Al_2Si_4O_{12}$	monoklin;
Glaukophan $Na_2Al_2Si_4O_{12}$	monoklin;
Riebeckit $Na_2Fe_2Si_4O_{12}$	monoklin.

ized by Google

Von diesen Mineralien bildet Anthophyllit braune, faserige Aggregate, deren Fasern nach dem Prisma von 125½ sich spalten lassen und ein spezifisches Gewicht von 3,2 besitzen. Die einfachste Formel $MgSiO_3$ ist dieselbe wie die von Enstatit, hier liegt also die Dimorphie am klarsten. Es ist ein seltenes Mineral, wir kommen nicht weiter darauf zurück.

Auch an dem Glaukophan gehen wir kurz vorüber. Kristalle von ihm sind sehr selten, meist bildet er körnige oder faserige Aggregate, für die dunkelblaue Farbe, starker Dichroismus, leichte Schmelzbarkeit, vollkommene prismatische Spaltbarkeit charakteristisch ist. Seine Bedeutung liegt darin, dass er in einigen Gegenden (Insel Syra, bei Zermatt in der Schweiz, in der Bretagne, auf Shikoku in Japan) in Glaukophanschiefer gesteinsbildend auftritt, er hat aber doch nur sehr geringe Verbreitung.

Die übrigen, mit ihren zum Teil wichtigen Varietäten wollen wir nun im folgenden besprechen.

Tremolit und Strahlstein. Von diesen beiden Mineralien ist Tremolit eisenfrei oder eisenarm und darum farblos und weiss, Strahlstein eisenreich und hierdurch dunkelgrün (Tafel 66, 1); beide kommen eingewachsen in Chloritschiefer und Talkschiefer, körnigem Kalk, Dolomit oder anderen kristallinischen Gesteinen vor, sind nur von Prisma mit oder ohne Klinopinakoid begrenzt, die Endflächen fehlen. Die Prismen liegen bald isoliert im Gestein, bald sind sie zu radialstrahligen Aggregaten geordnet, bald bilden sie, dicht aneinandergedrängt, verworren faserige Aggregate.

Ihr spezifisches Gewicht beträgt je nach dem Eisengehalt 3,0—3,2, nach dem Schmelzen aber 3,3, die geschmolzene Substanz ist in der Hauptsache als Augit erstarrt. Die Härte beträgt 5½—6; die Spaltbarkeit nach dem Prisma von 125° ist immer deutlich.

Tremolit und Strahlstein sind alpine, an kristallinische Gesteine gebundene Mineralien, frei auf Spalten auskristallisiert kommen sie nicht vor, vielleicht weil zu ihrer Bildung ein gewisser Druck notwendig war, der nur innerhalb des Gesteins, nicht auf klaffenden Spalten wirksam sein konnte. Tremolit hat nach dem Val Tremola auf der Südseite des St. Gotthard seinen Namen, findet sich aber besonders in einem zuckerkörnigen Dolomit am Campo longo am St. Gotthard; er enthält 58,05 % SiO_2, 27,18 % MgO, 13,91 % CaO und 0,34 % H_2O. Strahlstein ist viel verbreiteter und kommt in den Schweizer und Tiroler Alpen an vielen Orten vor, besonders ausgezeichnet am Greiner im Zillertal, ebenso im Pfitsch, im St. Gotthardgebiet etc. Der aus dem Zillertal enthält 6—25 % Eisenoxydul und entsprechend weniger Magnesia. Beide Mineralien treten als Tremolitschiefer und Strahlsteinschiefer bisweilen in grösseren Massen gesteinsbildend auf.

Ein dichter, mikroskopisch feinfaseriger Strahlstein ist der Nephrit, den wir mit Jadeit in einem besonderen Abschnitt besprechen werden, weil er durch seine Verwendung als Steinwerkzeug in prähistorischer Zeit unser besonderes Interesse in Anspruch nimmt.

Ein durch smaragdgrüne Farbe ausgezeichneter Strahlstein, der Smaragdit (Tafel 66, 7), tritt in einem kristallinischen, stark umgewandelten Gestein auf, das ausserdem aus einem gleichfalls grasgrünen Pyroxen, dem Omphacit, und aus braunem Granat besteht und sich durch seine Farbenpracht von andern Gesteinen vorteilhaft abhebt; es hat darum den Namen Eklogit, das Auserlesene, bekommen. So findet sich Smaragdit im Eklogit des Fichtelgebirges und der Saualpe in Kärnten (Tafel 66, 7).

Asbest. Asbest bedeutet unauslöschlich, unverbrennbar und ist der Name für Mineralien, welche feinfaserig sind, gesponnen werden können und nicht verbrennen. Nach ihrer chemischen Zusammensetzung gehören diese Mineralien entweder zu Tremolit und Strahlstein, und das ist der eigentliche Asbest, oder zu Serpentin, und dieser wird dann zur Unterscheidung Serpentinasbest genannt; wohl auch zur Pyroxengruppe, aber doch selten.

Der eigentliche Asbest bildet weisse oder grünliche, faserige Massen, aus denen sich die einzelnen Fasern leicht herauslösen lassen (Tafel 66, 9); sie sind bisweilen spröd, meist aber biegsam und bei aller Zartheit doch so fest, dass sie sich zur Verarbeitung eignen. Einzelne Amiant genannte Arten sind höchst feinfaserig und haben seidenartigen Glanz, in andern Arten sind die feinen Fasern zu einem dichten, hellgelben Filz verbunden, sie heissen nach ihrem Aussehen Bergleder und Bergkork. Obwohl die grösseren Massen gegen hohe Temperatur widerstandsfähig sind, lassen sich feinste Fasern doch vor dem Lötrohr schmelzen. Dass Asbest zur Amphibolgruppe gehört, lässt sich erst durch die quantitative Analyse nachweisen; ein Asbest aus dem Zillertal enthält: 57,20 % SiO_2, 13,39 % CaO, 22,85 % MgO, 4,37 % FeO, 2,43 % H_2O. So wie dieser enthält fast jeder Asbest etwas Wasser, im übrigen entspricht die Zusammensetzung recht genau der des Tremolits, nur ist in diesem Asbest ein Teil der Magnesia durch Eisen ersetzt.

Asbest kommt in Talkschiefer, Serpentin, Chlorit und in körnigem Kalk eingewachsen vor und ist im ganzen recht verbreitet, technisch brauchbar ist allerdings nur der wenigste. Einige Fundorte sind: der Gamskarkogel bei Gastein, wo er in abbauwürdiger Menge vorkommt, die Knappenwand im Untersulzbachtal, wo er den schönen Epidot begleitet, im Zillertal und im Pfitsch; sehr reich an gutem Asbest ist die Gegend von Sondrio im Veltlin und die Provinz Turin in Italien; ferner, ausserhalb Europa, Kanada im Thetford-Black-Lake-Gebiet, freilich ist darunter sehr viel Serpentinasbest.

Der Bedarf an Asbest wird hauptsächlich von Italien und Kanada gedeckt. Im Jahre 1901 lieferte Italien 2000 Tonnen, die Vereinigten Staaten 1300 Tonnen, Kanada aber 38 500 Tonnen von ausgezeichneter, gut spinnbarer Qualität, allerdings in der Hauptsache Serpentinasbest. Der Wert der kanadischen Asbestproduktion wird auf 1½ Millionen Dollars jährlich geschätzt, zwölf grosse Gesellschaften mit über 3000 Arbeitern beuten die Lager aus.

Die Verwendung des Asbest beruht auf seiner Unverbrennlichkeit, feinfaserigen Beschaffenheit und schlechten Wärmeleitung. Er wird benutzt zu Packungen in der sogenannten Stopfbüchse bei Dampfmaschinen, zu Dichtungen bei Rohrleitungen mit stark überhitzten Dämpfen, als Isolierungsmittel bei Dampfröhren, als Filter, als Material für Dochte, zu Fusssohlen, zu Theater- und Christbaumschnee, zum Befestigen der Auerschen Glühstrümpfe; ferner zu unverbrennbaren Geweben, Theatervorhängen, Pappen, Schutzwänden in Gebäuden und zu feuerfesten Gebäuden. Mit Platin überzogene Asbestfäden (Platinasbest) werden zur Darstellung von Schwefelsäure nach dem Kontaktverfahren benutzt. Zu feinen Gespinsten ist der Serpentinasbest im ganzen geeigneter als der Hornblendeasbest, weil seine Fasern feiner, biegsamer und weicher sind.

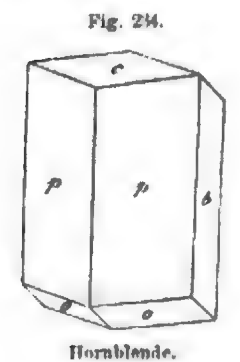
Die Benutzung von Asbest reicht weit in das Altertum zurück; in der goldenen Laterne der Minerva zu Athen bestand der Docht aus Asbest, die alten Römer hüllten ihre Leichen in ein Asbestgewand, damit die Asche beim Verbrennen sich nicht zerstreute und sich nicht mit der Holzasche mischte. Kaiser Karl V hatte ein Tischzeug von Asbest, das er zur Belustigung seiner Gäste nach eingenommener Mahlzeit ins Feuer werfen liess.

Hornblende. Von allen Mineralien dieser Gruppe zeigt Hornblende die besten Kristalle. Sie gehören dem monoklinen System an, haben aber in ihrer äusseren Gestalt eine gewisse Aehnlichkeit mit hexagonalen Formen und sind früher mit Turmalin verwechselt oder überhaupt vereinigt worden, der Name Schörl galt in gleicher Weise für Turmalin wie für Hornblende, wie überhaupt für schwarze, säulenförmig entwickelte Kristalle; erst im Anfang des vorigen Jahrhunderts wurden sie als verschieden erkannt, der Name Schörl wurde für Turmalin beibehalten, während für unser Mineral von Werner der Name Hornblende festgelegt wurde; der französische Mineraloge Hauy gab ihm den Namen Amphibol, was zweideutig bedeutet und auf die Verwechslung mit Turmalin hin-

weist. Heute wird der Name Amphibol vorzugsweise für die ganze Gruppe, der Name Hornblende für einzelne Glieder der Gruppe gebraucht.

Die einfachen Kristalle (Tafel 66, 2) sind am häufigsten von einem Prisma begrenzt, dem eine recht vollkommene Spaltbarkeit parallel geht und das als Vertikalprisma ∞P angenommen wird (p in der Textfigur 234), seine Flächen schneiden sich unter einem Winkel von 124° 10′; die seitliche Kante ist durch das Klinopinakoid (b) abgestumpft, an dem Ende tritt eine Schiefendfläche (c) auf, die als Basis $0P$, und zwei Flächen (o), die als hintere Pyramide P angenommen werden können; der Winkel, den sie miteinander bilden, beträgt 148° 28′, der, den sie mit der Basis bilden, 145° 35′, so dass der Unterschied nicht gross, mit blossem Auge, ohne Goniometer kaum bemerkbar ist. Wir sehen, dass die Säule durch Winkel und Flächenzahl einer hexagonalen sich nähert und dass ihr die Flächen am Ende wie Rhomboederflächen einem Prisma der zweiten Stellung aufgesetzt sind, die Aehnlichkeit mit einer Form des hexagonalen Systems ist tatsächlich auffallend, und doch kann man Hornblende als nicht zu diesem System gehörig auch ohne jede Winkelmessung daran erkennen, dass die Spaltbarkeit nach nur zwei, nicht nach den drei Richtungen des vermeintlichen hexagonalen Prismas geht, sie kann hiernach und nach der Flächenzahl am Ende nur monoklin sein. Die Kristalle sind meist gedrungen säulenförmig, wie Figur 2 auf Tafel 66, nur meist erheblich kleiner, seltener sind sie nach der Säule langgestreckt, wie der in Figur 5, an dessen Ende übrigens noch kleine andere Flächen als die obengenannten auftreten. An den schwarzen Kristallen der Figur 6 ist nur das Vertikalprisma und eine Endfläche entwickelt, das Klinopinakoid fehlt, darum sind die Kanten an der Seite so scharf.

Fig. 234.



Hornblende.

Recht häufig sind bei Hornblende Zwillingskristalle, bei denen zwei Individuen mit einer Fläche des Orthopinakoids, die die vordere Prismenkante abstumpfen würde aber als Kristallfläche nicht vorkommt, verwachsen sind. Sie sehen gar nicht aus wie Zwillingskristalle, denn einspringende Winkel sind nirgends zu bemerken (Tafel 66, 3 und 4), jedoch an der Verteilung der Flächen kann man die Zwillingsverwachsung ohne weiteres erkennen; beide Enden, die an einem einfachen Kristall gleich entwickelt sind, sind hier verschieden, an dem einen treten vier (Tafel 66, 3), an dem entgegengesetzten Ende aber nur zwei Flächen (Tafel 66, 4) auf. Die Basis des einen Individuums ist — so kann man es sich vorstellen — durch Drehung um 180° neben die des anderen zu liegen gekommen und ebenso sind die beiden Pyramidenflächen neben die beiden andern gekommen, die Zwillingskristalle sehen aus, als seien sie hemimorph und zum rhombischen System gehörig. So treten die Hornblendekristalle bald in dieser, bald in jener täuschenden Gestalt auf und es gilt, sich nicht irre machen zu lassen.

Verhältnismässig recht leicht ist Hornblende im Dünnschliff unter dem Mikroskop zu erkennen, ihre Querschnitte sind sechsseitig (Tafel 67, 2), die Längsschnitte meist vierseitig (Tafel 67, 4) * mit rechten oder schiefen Winkeln. Die vollkommene Spaltbarkeit gibt sich durch geradlinige Risse zu erkennen, die sich in den Querschnitten unter ungefähr 120° durchkreuzen, in den Längsschnitten einander parallel gehen und die Richtung der Vertikalachse anzeigen. Die Farbe im Dünnschliff ist braun oder grün und sehr charakteristisch ist ein starker Dichroismus, den man unter dem Mikroskop wahrnimmt, wenn man das Präparat mit dem Objekttisch dreht, unter dem das eine Nicolsche Prisma eingeschaltet ist. Die Farbe wechselt alsdann zwischen hellgelb und dunkelbraun bei der

* Auf dem zu Tafel 67 gehörenden Deckblatt ist Figur 4 als Biotit bezeichnet, dies ist aber nicht richtig, es ist Hornblende.

Digitized by Google

braunen, zwischen gelblichgrün und dunkelgrün bei der grünen Hornblende, ein Dichroismus wie er in gleicher Stärke etwa bei Turmalin und Biotit auftritt. Die Auslöschungsschiefe in den Schnitten, die nicht senkrecht zur Symmetrieebene sind, beträgt 12—18°. Von Augit lässt sich Hornblende im Dünnschliff durch ihre Umrissformen, ihren starken Dichroismus und ihre geringe Auslöschungsschiefe unterscheiden. Die Verwandtschaft beider Mineralien verrät sich bisweilen darin, dass das eine mit dem andern parallel verwachsen ist (Tafel 67, 3), wir haben diese Verwachsung bereits an anderer Stelle (Seite 43) besprochen. Nicht zu verwechseln damit ist eine besondere Art der Umwandlung, bei der Augit unter Erhaltung seiner Form in Hornblende übergeht, der Querschnitt ist dann achtseitig wie bei Augit, die Spaltrisse aber schneiden sich unter ungefähr 120° wie bei Hornblende, die Zusammensetzung ist die der Hornblende. Gustav Rose hat solchen in Hornblende umgewandelten Augit zuerst in Hornblendegesteinen aus dem Ural beobachtet und nach diesem Gebirge haben die umgewandelten Kristalle den Namen Uralit bekommen.

Ein anderer Unterschied zwischen Hornblende und Augit besteht in dem spezifischen Gewicht, das bei Hornblende 3,1, bei Augit 3,3 beträgt.

Die grüne Hornblende, auch gemeine Hornblende genannt, ist als Gemengteil von Syenit und Diorit weit verbreitet; für sich allein bildet sie den Hornblendeschiefer der Alpen. Sie ist in diesen Gesteinen in Körnern enthalten, deren Bruchflächen wegen der Spaltbarkeit nach den Prismenflächen wie gefasert erscheinen. Aufgewachsene Kristalle finden sich auf den Magneteisenlagerstätten von Nordmarken bei Philipstad in Schweden und bei Arendal in Norwegen (Tafel 66, 6).

Die braune Hornblende, auch basaltische Hornblende genannt, ist Gemengteil von Trachyt, Hornblendeandesit und manchen Basalten und kommt in diesen Gesteinen, besonders aber in Basalttuff, in ringsum ausgebildeten Kristallen vor, die isolierten Hornblendekristalle stammen fast alle aus Basalttuff; sehr häufig sind ihre Flächen und Kanten gerundet, weil die Kristalle von der flüssigen Lava, in der sie sich ausgeschieden hatten, später wieder angegriffen und teilweise aufgelöst worden sind. Fundorte guter Kristalle sind: Härtlingen im Westerwald, Ortenberg im Vogelsberg, Liebhards und Pferdskopf in der Rhön, Roda bei Predazzo in Südtirol (Tafel 66, 5), besonders aber das böhmische Mittelgebirge (Schima, Tafel 66, 2—4, Wolfsberg bei Czernoschin). Aufgewachsene kleine Kristalle kommen in dem Auswürfling der Somma am Vesuv vor.

Krokydolith. Der in der Zusammenstellung auf Seite 325 erwähnte Riebeckit ist ein seltenes Mineral und kommt hier und da als Gemengteil von Eruptivgesteinen vor. Wichtiger ist eine feinfaserige, asbestähnliche Varietät, der Krokydolith (Tafel 66, 8). Er bildet blaue, parallelfaserige Massen, die als Ausfüllung von Spalten in mehr oder weniger dicken Platten in einem Tonschiefer an den Ufern des Oranjeflusses in Südafrika auftreten. Wegen der Farbe und des Eisengehaltes ist das Mineral früher Blaueisenstein genannt worden. Die Fasern sind bald gerade, bald wellig gebogen und oft so lose und fein, dass sie sich zu seideähnlichen Flocken abtrennen lassen. Ihr Zusammenhang wird durch einfiltrierte Kieselsäure vermehrt und stellenweise nimmt diese so überhand, dass Quarz mit Einschluss von Krokydolithfasern vorliegt; solcher blauer Quarz (Saphirquarz) ist von Golling in Salzburg bekannt und kommt ebenfalls am Oranje river in grosser Menge vor. Durch Verwitterung wird der Krokydolith zerstört, sein Eisenoxydul geht in gelbes Eisenhydroxyd über, das die faserigen Massen gleichmässig imprägniert und mit dem ausgeschiedenen Quarz das Tigerauge (Tafel 52, 13 u. 14) bildet. Wir haben dieses als Varietät vom Quarz kennen gelernt (Seite 275) und können hier auf das dort Gesagte verweisen.

Das Tigerauge wird als Schmuckstein, der feinfaserige Krokydolith wie Asbest verwendet, ist aber nicht so gut wie echter Asbest, da er viel leichter schmilzt.

Nephrit und Jadeit.

Diese beiden Mineralien sehen sich äusserlich sehr ähnlich und sind früher für eins gehalten worden, erst durch die chemische Analyse und die Bestimmung des spezifischen Gewichts sind sie als verschieden erkannt worden. Beide sind unscheinbar dicht und bieten wenig für das Auge, gehören aber doch zu den interessantesten Mineralien, weil sie das bevorzugte Material für Steinwerkzeuge, Prunkwaffen und Schmucksachen in prähistorischer Zeit gebildet haben und bei den Chinesen auch heute noch bilden. Mit der grossen Verbreitung verarbeiteter Steine in den ältesten Ansiedelungen steht die Seltenheit des rohen, anstehenden Steins in auffallendem Gegensatz, und das Problem nach der Herkunft des Nephrit und Jadeit hat die Forscher eingehend beschäftigt. Die Mineralogie hat sich mit der Ethnographie und Archäologie verbündet, um das Rätsel zu lösen, und der gemeinsamen Arbeit ist es bis zu einem gewissen Grade bereits gelungen. Wollten wir jedes dieser beiden Mineralien da behandeln, wo es nach seiner Zusammensetzung hin gehört, so hätten wir Nephrit an Strahlstein, Jadeit an Spodumen anschliessen müssen, wir ziehen es aber vor, beide, die dem gleichen Zweck dienten, hier zu vereinigen.

Der Name Nephrit ist erst nach Entdeckung Amerikas in Aufnahme gekommen und bezieht sich auf die Verwendung des Minerals als sympathetisches Mittel gegen Nierenkrankheiten, von *νεφρός* (die Niere) ist er abzuleiten. Bei den Chinesen heisst unser Stein Yu, bei den Persern Yeschon und hiermit soll das Wort Jaspis in Verbindung stehen, unter dem früher auch Nephrit mit einbegriffen war. Dieselbe Bedeutung wie Nephrit hat das in Frankreich gebräuchliche Wort Jade, das sich von hijada (Weiche) ableiten soll; nachdem man (Damour 1863) erkannt hatte, dass unter dem Namen Nephrit oder Jade zwei verschiedene Mineralien einbegriffen waren, bekam das eine den Namen Jadeit, in dem die Aehnlichkeit mit Jade zum Ausdruck kommt, während für das andere sich mehr und mehr der Name Nephrit einbürgerte und den Namen Jade verdrängte. Daneben ist Nephrit wohl auch Beilstein, Nierenstein, Griesstein genannt worden, aber diese Namen haben sich nicht eingebürgert.

Nephrit. Nephrit bildet dichte, grünlichgelbe, graue, seltener weisse Massen, die auf den Bruchflächen ausgezeichnet splittrigen Bruch besitzen. In unserer Abbildung in Figur 10 auf Tafel 66 können wir diesen splittrigen Bruch erkennen, die hellen Flecken sind nämlich alles dünne und darum durchscheinende Splitter, die sich von der Unterlage teilweise gelöst haben, aber doch noch fest an dem Gestein haften. Die hervorragendste Eigenschaft von Nephrit ist seine ausserordentlich grosse Zähigkeit. Die Gebrüder Schlagintweit, die das hier abgebildete Stück aus den Steinbrüchen von Gulbashén auf der rechten Seite des Karakáshflusses in Ostturkestan mitgebracht haben — der erste asiatische Nephrit von einer bekannten Fundstätte —, teilen über die Zähigkeit und Härte einige interessante Beobachtungen mit. Sie liessen einen mit 50 kg belasteten Stahlmeissel durch ein auf einen Nephritblock gestelltes Rohr 35 cm hoch herabfallen, mit dem Resultat, dass der Meissel abbrach, der Stein aber ganz blieb. Sie wollen auch bemerkt haben, dass der Nephrit an Ort und Stelle in den Steinbrüchen, besonders wenn er aus deren Tiefe entnommen, also wohl noch feucht war, weicher war als später, und meinen, dass in prähistorischer Zeit die Nephritwerkzeuge in den Steinbrüchen selbst hergestellt worden wären. Einer noch stärkeren Festigkeitsprobe hat H. Fischer den Nephrit unterworfen, indem er einen grossen Block der Gewalt eines Dampfhammers aussetzte, wobei statt des Steines der Amboss zersprang. Von Nephrit kann man also das sagen, was Plinius über Diamant berichtet, er ist so zäh, dass er den Schlag zurückstösst und eher Hammer und Amboss in Stücke zerspringt als der Nephrit. Und man kann hinzufügen, diese

Zähigkeit wird durch Feuer überwunden: wenn Nephrit geglüht und glühend in kaltes Wasser geworfen wird, zerspringt er in kleinere Stücke. Mit dem Hammer lässt sich daher gegen Nephritfelsen wenig ausrichten, ein Handstück ist schwer zu schlagen; zur Lossprengung von Felsen ist die alte Methode des Feuersetzens die beste. Durch diese grosse Zähigkeit, mit der sich eine beträchtliche Härte verbindet — er ist härter als Glas —, eignet sich Nephrit wie kein anderes Mineral — Jadeit ausgenommen — zu Steinwerkzeugen und dauerhaftem Zierrat. Aus dieser Unverwüstlichkeit des Materials erklärt es sich zweifellos, dass dem Nephrit von fast allen Naturvölkern überirdische Kräfte zugesprochen wurden, dass er als Talisman und Amulett getragen und Idole aus ihm hergestellt wurden, ähnlich wie aus vielen durch ihre Härte ausgezeichneten Edelsteinen, und dass ihm, wie diesen, besondere Heilwirkung zugeschrieben wurde.

Die Zähigkeit ist eine Folge seiner inneren Struktur, die uns das Mikroskop enthüllt; er erweist sich als ein äusserst feinfaseriger Strahlstein, dessen Fasern auf das innigste miteinander verfilzt sind und fest aneinander haften; an der geringen Auslöschungsschiefe und der Spaltbarkeit ist die Zugehörigkeit zur Hornblendegruppe mit Sicherheit zu erkennen. Einzelne Stücke unterscheiden sich dabei durch etwas grössere oder geringere Breite der feinen Fasern und durch die beigemengten andern Mineralien, unter denen Diopsidkörnchen am häufigsten sind, wenn sie auch immer ganz zurücktreten. Diese an sich geringen Unterschiede sind doch insofern wichtig, als sie zur Feststellung der Herkunft mancher Nephrite verwertet werden können. So hat Arzruni durch mikroskopische Untersuchung der in den Schweizer Pfahlbauten gefundenen Nephritobjekte feststellen können, dass sich ihr Material von dem der zentralasiatischen, sibirischen und neuseeländischen Nephrite unterscheidet und dass es nicht, wie man früher angenommen hat, aus jenen entfernten Gegenden stammen kann.

Wenn es darauf ankommt, Nephrit und Jadeit ohne Zuhilfenahme des Mikroskops zu unterscheiden, so kann das spezifische Gewicht verwertet werden, das bei Nephrit 2,95—3,1, bei Jadeit 3,32—3,35 beträgt, besonders aber die Schmelzbarkeit und Flammenfärbung, Nephrit schmilzt schwer, Jadeit leicht, letzterer färbt dabei die Flamme gelb, ersterer nicht. Als Beispiel für die chemische Zusammensetzung des Nephrit führen wir eine in neuerer Zeit durch E. Schütz ausgeführte Analyse des Nephrits von Schahidulla an, welcher mit dem von Schlagintweit mitgebrachten völlig gleich, wenn nicht gar identisch ist: er besteht aus 57,69 % Kieselsäure, 1,58 % Tonerde, 2,60 % Eisenoxydul, 13,81 % Kalk, 22,55 % Magnesia und 1,75 % Wasser. Wir erkennen auch hieraus, dass Nephrit zu Tremolit und Strahlstein (vergl. die Analyse auf Seite 326) gehört.

Vorkommen von Nephrit. Mit der grossen Verbreitung des verarbeiteten Nephrits stimmt wenig sein Vorkommen im anstehenden Fels. Bis zum Jahre 1884 kannte man aus Europa überhaupt keinen anstehenden Nephrit, und der Mineraloge Heinrich Fischer in Freiburg i. B., der alle auf Nephrit bezüglichen Nachrichten mit erstaunlichem Fleiss gesammelt und in dem Werk »Nephrit und Jadeit nach ihren mineralogischen Eigenschaften sowie nach ihrer urgeschichtlichen und ethnographischen Bedeutung« verarbeitet hat, glaubte annehmen zu müssen, dass alles in Europa gefundene Material in rohem oder verarbeitetem Zustand aus Asien entweder durch Handelsverkehr oder während frühzeitiger Völkerwanderungen herübergebracht sei. Demgegenüber betonte Arzruni, dass die in der Umgebung der Alpen gefundenen Nephritwerkzeuge aus einem unter sich sehr gleichartigen Material bestehen, sich aber von dem sicher asiatischen Nephrit bestimmt unterscheiden, er glaubt daher, dass eine exotische Herkunft ziemlich ausgeschlossen sei, aber einen alpinen Fundort für anstehenden Nephrit kennt man bis heute noch nicht. Dagegen hat Hermann Traube im Jahre 1884 bei Jordansmühl in Schlesien anstehenden Nephrit, den ersten in Europa, aufgefunden; er bildet hier Lager zwischen Granulit und Serpentin und kommt auch in

runden Knollen innerhalb des Serpentins vor, der letztere ist weiss bis hellgrün, der andere dunkelgrün. Später hat Traube auch bei Reichenstein in Schlesien Nephrit nachgewiesen, und erwähnen will ich hier doch, dass in der mehrfach (Seite 168) zitierten Mineralogie von Stephani gesagt wird, dass Nephrit in den Serpentinsteinbrüchen bei Zöblitz vorkomme; vermutlich liegt hier eine Verwechslung mit dichtem Serpentin vor, aber merkwürdig ist es immerhin, dass diese Stelle in der Literatur, soweit ich sie durchgesehen habe, nie erwähnt oder widerlegt ist. Die Herkunft vereinzelter in Norddeutschland (z. B. zu Schwemsal bei Düben unfern Leipzig) gefundener Nephritgeschiebe ist nicht aufgeklärt.

In Asien haben die Gebrüder Schlagintweit in den Jahren 1856 und 1857 den ersten anstehenden Nephrit in der Nähe von Gulbashén und Schahidulla-Chodja am rechten Ufer des Karakásh-Flusses in Ost-Turkestan im Kuen-Lun-Gebirge entdeckt, wo er in Brüchen von Konakán und Karalá aufgeschlossen ist; das von uns abgebildete Stück (Tafel 66, 10) haben sie von dort mitgebracht. Wie auf der Südseite, so steht Nephrit auch auf dem Nordabhang des Kuen-Lun und weiter westlich im Pamirgebiet und weiter östlich in der chinesischen Provinz Kansu an; als Gerölle in den Flüssen dieses Gebietes ist Nephrit häufig und weit verbreitet, anstehend findet er sich immer in der Nähe von Gneiss und andern kristallinischen Schiefern. In den Dörfern am Nordabhang des Nan-Schan wird mit Nephrit ein ausgedehnter Handel getrieben; Landleute verarbeiten ihn für die Chinesen. Blöcke von Nephrit kennt man ferner aus Flussbetten des Gouvernements Irkutsk in Sibirien, rohen und bearbeiteten Nephrit auch aus Alaska. Recht verbreitet ist Nephrit auf Neuseeland, wo er auf der Westküste anstehend und als Geschiebe in Flüssen und am Strande gefunden wird; er führt auf Neuseeland den Namen Punamu.

Jadeit. Wir haben schon gesehen, dass Nephrit und Jadeit einander sehr ähnlich sind, letzterer ist vielleicht häufiger schön grün, smaragdgrün gefärbt, sonst aber gelblichgrün, graulichgrün bis weiss, wie Nephrit, und auch der beste Kenner wird sich nicht getrauen, beide nach ihrem Aeusseren immer sicher zu unterscheiden; wir geben darum von diesem hellen Jadeit keine Abbildung. Ein Unterschied liegt in dem spezifischen Gewicht, das bei Jadeit 3,32—3,35 beträgt, in der leichten Schmelzbarkeit von Jadeit und der gelben Färbung, die er der farblosen Bunsenflamme erteilt. Hierdurch verrät sich ein Gehalt an Natron, der für das Mineral charakteristisch ist, es ist ein Natron-Tonerdesilikat, mit dem Spodumen verwandt, der statt des Natrons Lithion, sonst aber die gleichen Bestandteile wie Jadeit enthält. So schliesst sich Jadeit an die Augitgruppe an, wie Nephrit an die Hornblendegruppe. Nach einer Analyse von Lemberg enthält ein Jadeit aus Birma 58,95% Kieselsäure, 25,17% Tonerde, 14,70% Natron, 0,41% Kalk, 0,47% Magnesia und 0,30% Wasser, und seine Zusammensetzung kann durch die Formel $NaAlSi_2O_6$ ausgedrückt werden, die der von Spodumen (Seite 323) ganz analog ist.

Wie aus dem spezifischen Gewicht und der Zusammensetzung kann auch durch mikroskopische Untersuchung festgestellt werden, dass Jadeit zur Augitgruppe gehört. Er erweist sich im Dünnschliff meist als feinkörnig, seltener faserig, und die einzelnen Körnchen besitzen Spaltbarkeit und grosse Auslöschungsschiefe wie Augit. Durchnittlich sind die Jadeitteilchen etwas grober als die von Nephrit und mancher helle Jadeit erinnert in seinem Aussehen an Marmor, nur ist er viel härter, zäher und schwerer als dieser.

Der Jadeit aus Oberbirma ist vollkommen rein, keine Spur von Beimengung irgend eines fremden Minerals ist vorhanden. Dadurch unterscheidet er sich sehr wesentlich von dem Material der europäischen Jadeitwerkzeuge, in denen dem Jadeit fremde Mineralien zuweilen in grosser Menge eingelagert sind.

Anderer Jadeit ist eisenhaltig und hierdurch dunkel gefärbt, besonders ist dies bei der Varietät der Fall, die nach ihrer Farbe den Namen Chloromelanit bekommen

hat, ein Beilchen daraus ist in Figur 11 der Tafel 66 abgebildet; die Farbe ist dunkel spinatgrün, fast schwarz, der Strich graulichgrün, so wie die gerauhten Stellen des Beilchens. Sein spezifisches Gewicht steigt durch den Eisengehalt bis zu 3,4. Er ist in Europa nur in verarbeiteten Stücken, besonders Beilen, bekannt, von denen die meisten in Frankreich, einige in der Schweiz, das von uns abgebildete am Neuenburger See, vereinzelte in Mexiko, Neugranada, Guatemala, Neu-Guinea und einigen andern Ländern gefunden sind. In Neu-Guinea soll Chloromelanit auch anstehend vorkommen.

Die Härte und Zähigkeit von Jadeit ist eher noch grösser als die von Nephrit, seine Verwendung die gleiche, wir werden sie für beide zusammen besprechen.

Vorkommen von Jadeit. In Europa kennt man anstehenden Jadeit mit Sicherheit nicht, alles, was an Rohmaterial bisher gefunden ist, besteht aus Geröllen, deren Heimat nicht ermittelt werden kann. Der im Handel vorkommende Jadeit stammt aus Asien, Genaueres weiss man aber auch nur über sein Vorkommen in Oberbirma. Bis vor kurzem war jenes ferne Land noch so gut wie unbekannt, und noch niemals hatte ein sachverständiger Geologe den Platz betreten. Der erste, dem dies vergönnt war, der zweite Europäer überhaupt, ist Dr. Fr. Nötling gewesen. Das von ihm gesammelte Material hat M. Bauer untersucht, und wir entnehmen seiner Arbeit einige Angaben über das Vorkommen. Der anstehende Jadeit ist hiernach auf ein engbegrenztes Gebiet am Oberlauf des Uru, eines Nebenflusses des Dschindarn beschränkt, der selbst von Westen in den Irrawaddi fällt. Er wird hier bei Tammaw durch Steinbruchsbetrieb aus dem anstehenden Fels und in den Anschwemmungen des Uru als Geschiebe gewonnen. Obwohl die Geröllablagerungen schon seit unvordenklichen Zeiten nach Jadeit durchwühlt werden, sind sie doch noch nicht erschöpft. Auch in den die Flussufer begleitenden Lateritablagerungen finden sich einzelne Jadeitblöcke. Sie sind im Laufe der Zeiten ganz von Eisenlösungen durchtränkt worden und haben hierdurch eine schöne rotbraune Farbe angenommen. Diese verleiht ihnen in den Augen der Birmanen und ihrer Hauptabnehmer für den Jadeit, der Chinesen, einen besonders hohen Wert. In neuester Zeit werden auch die im Flusse selbst im tiefen Wasser liegenden Gerölle von Tauchern herausgeholt, die mit allen Hilfsmitteln der modernen europäischen Technik ausgerüstet sind. Der anstehende Jadeit bei dem Dorfe Tammaw ist erst seit etwa 1880 bekannt. Er bildet mitten im dichten Dschungel eine niedrige, isolierte Kuppe, die aus dem umgebenden Sandstein hervorragt und in der Hauptsache aus dunkelgrünem Serpentin besteht, der aus einem Olivingestein hervorgegangen ist, unter ihm liegt der Jadeit in einer mächtigen Bank. Hunderte von eingeborenen Arbeitern betreiben einen ausgedehnten Steinbruch, indem sie das zähe, schwer zu gewinnende Material erst durch Feuersetzen auflockern. Dieser Jadeit bildet in der Hauptsache ein marmorähnlich aussehendes feinkörniges Aggregat von schneeweisser Farbe, dem prächtig smaragdgrün gefärbte Stellen von grösserem oder geringerem Umfang und von verschieden gestalteter unregelmässiger Umgrenzung zwischengelagert sind; letztere bilden das eigentlich wertvolle Material, das die Birmanen und Chinesen zum Schmuck benutzen. Ein grosser Teil des Materials geht nach China, etwas nach Europa, ein grosser Teil aber bleibt im Lande, wo der Jadeit zu zahlreichen Gegenständen verarbeitet wird und sehr beliebt ist.

Andere Fundstellen liegen wahrscheinlich in Tibet und Ostturkestan, sind aber nicht weiter bekannt.

Verwendung von Nephrit und Jadeit. Nephrit ist in der prähistorischen Zeit zu Werkzeugen und Waffen, die vielleicht, nach ihrer Zierlichkeit zu schliessen, nur Prunkwaffen waren, verwendet worden. Die Beile, deren Form uns Figur 11 auf Tafel 66 zeigt, wurden in die Krone von Hirschgeweihen befestigt und mit diesen an einen Holzstiel montiert. In Europa sind solche Nephritwerkzeuge hauptsächlich in der Nähe

der Alpen, in der Schweiz, Südbaden und Bayern gefunden worden; in Süd- und besonders in Ostasien ist Nephrit bis heute ein beliebtes Material für die mannigfaltigsten Prunk- und Schmucksachen, Amulette, Ringsteine und ganze Fingerringe, Schalen, Vasen, Dosen und Becher, Säbel- und Messergriffe, zierlich verschlungenes Blattwerk, ganze Tiere und menschliche Figuren, ähnlich denen aus Agalmatolith, werden aus Nephrit mit unendlicher Mühe gearbeitet. Als Halsschmuck dienende Scheiben, Kugeln, Oliven und Cylinder sind durchbohrt, die letzteren, welche der Länge nach durchbohrt sind, haben ganz die gleiche Gestalt wie die altassyrischen Cylindergemmen und die trojanischen Schieber. Schon Alexander von Humboldt hat auf diese auffallende Aehnlichkeit aufmerksam gemacht. Heute erfreuen sich auch in den zivilisierteren Ländern Nephritgegenstände immer mehr steigender Beliebtheit, Schirm- und Messergriffe wohl auch Schalen werden in Oberstein daraus gearbeitet; wegen der Zähigkeit erfordert die Arbeit viel Zeit, darum sind auch die modernen Nephritgegenstände recht kostbar. Eine Anzahl kunstreich gearbeiteter, mit wertvollen Edelsteinen und Gold verzierter, alter Nephritgegenstände werden in dem grünen Gewölbe in Dresden aufbewahrt.

Jadeit wird in der Hauptsache zu denselben Gegenständen wie Nephrit verarbeitet, er tritt aber an Häufigkeit gegen diesen zurück. Werkzeuge aus Jadeit, besonders charakteristisch sind Flachbeile, finden sich vorzugsweise im nordwestlichen Europa, sie werden in Frankreich als Mittel gegen verschiedene Uebel getragen, und Jadeitbeile hat man in das Fundament mancher Häuser, zum Schutz gegen Blitzgefahr, eingemauert gefunden. In grosser Verbreitung hat man Jadeitobjekte in Amerika, in Mexiko, Zentral- und Südamerika gefunden, von hier stammen auch Platten und lange, dünne Stäbe, die als Klangkörper gedeutet werden, weil sie beim Anschlagen klingen; aus Mexiko stammt das berühmte, von Alexander v. Humboldt mitgebrachte Aztekenprunkbeil im Berliner Museum. Als Seltenheit hat man altägyptische, aus Jadeit geschnittene Skarabäen nachgewiesen.

Ein Beispiel von chinesischer Jadeitschnitzerei sehen wir in der nebenstehenden Figur 235; das kostbare Originalstück ist 25,2 cm breit und 21,7 cm hoch, die Arbeit ist auf das feinste ausgeführt und wir bewundern in gleicher Weise das Talent wie die Geduld des Künstlers, in dessen Händen der Stein zum Leben erwacht ist.

Die Feinheit und Weichheit des Bildes lässt uns fast vergessen, dass es in den harten und zähen Jadeit eingeschnitten ist, die Photographie macht eher den Eindruck einer zarten, sorgfältig ausgeführten Tuschzeichnung, dem Kenner aber verraten die scheinbaren Flecken, dass hier Nephrit oder Jadeit vorliegt, der immer durch den splittrigen Bruch fleckig und wolkig erscheint, wie das rohe Stück Nephrit in Figur 10 auf Tafel 66 auch im Bild deutlich erkennen lässt. Dass es hier speziell Jadeit sei, schliesse ich aus der hellen, grünlichweissen Farbe, dem groberen Korn und der hohen Härte, eine Prüfung der Schmelzbarkeit und des spezifischen Gewichts war naturgemäss ausgeschlossen.

Die am rechten Rande eingeschnittene Inschrift gibt uns ein kleines Beispiel von chinesischer Poesie, die Uebersetzung verdanke ich der grossen Gefälligkeit des Lehrers für Chinesisch am orientalischen Seminar in Berlin, Herrn Professor Dr. A. Forke. In Umschreibung und Uebersetzung lautet der Vierzeiler wie folgt:

Su yü chu kuo, hsiao jih ching
Wu chien yu li, tsu chun ching
Tien chia hsin ku, na chih chiang
Keng ting chi ton pu ku shing.

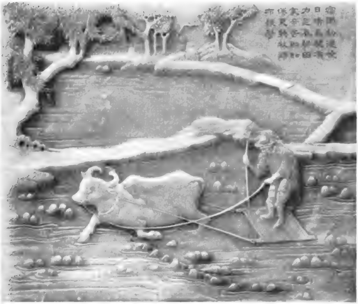
Nach nächt'gem Regen leuchtet der Sonne Morgenschein:
Es strotzt von Kraft der Büffel, der Acker wartet sein.
Das Feld bestellt der Bauer, kennt keine Müdigkeit:
Schon hört er in den Zweigen den lust'gen Kuckuck schrei'n.

Wer wird da nicht an die herrliche Arie in Haydns Jahreszeiten erinnert:

Schon eilet froh der Ackersmann
Zur Arbeit auf das Feld;
In langen Furchen schreitet er
Dem Pfluge flötend nach.

In abgemess'nem Gange dann
Wirft er den Samen aus,
Den birgt der Acker treu und reift
Ihn bald zur gold'nen Frucht.

Fig. 235.



Chinesische Jadeitschnitzerei.

So wird in allen Zungen und in jeder Kunstform die gesegnete Arbeit des fleissigen Bauers gerühmt.

Glimmergruppe.

Die zur Glimmergruppe gehörenden Mineralien besitzen alle eine so vollkommene Spaltbarkeit nach einer Richtung, dass man mit Leichtigkeit die dünnsten Spaltungsblättchen herstellen kann, wir haben ja alle solche Glimmerblättchen an den amerikanischen Oefen schon gesehen. Sie lassen sich biegen und zu Cylindern (Lampencylinder) falten, bleiben aber nur so lange gebogen, als der Zwang, durch den sie gebogen sind, anhält; sobald er nachlässt und das Blättchen wieder frei ist, schnellt es zurück und ist wieder

Digitized by Google

so eben als es vorher war, man sagt, Glimmer sei elastisch biegsam. In Gegensatz hierzu stehen gemein biegsame Mineralien, die nicht wieder zurückschnellen, z. B. Chlorit. Glimmer verhält sich in dieser Beziehung wie ungeglühter, Chlorit wie geglühter Draht, Glimmer federt, Chlorit nicht. An Glimmerplatten, wie man sie z. B. in einer Ofenhandlung erhält, kann man sich von diesen Eigenschaften leicht überzeugen, wir können sie noch zu andern Beobachtungen benutzen.

Legen wir eine solche Platte in den Polarisationsapparat für konvergentes Licht, so gibt sie sehr schön die auf Tafel 4 in Figur 3 und 4 abgebildeten Erscheinungen. Bei den meisten sind die schwarzen Hyperbeln weit voneinander entfernt, bei andern, besonders bei braunem Glimmer, liegen sie nahe aneinander, wir erkennen hieraus, dass Glimmer optisch zweiachsig ist und dass der Winkel der optischen Achsen gross und klein sein kann; Glimmer muss also rhombisch, monoklin oder triklin sein, kann jedenfalls nicht hexagonal sein, wie man nach seiner Form (Tafel 68, 1—6) wohl vermuten könnte, denn dann müsste er im Polarisationsapparat ein der Figur 1 auf Tafel 4 gleiches Bild geben.

Zu welchem von den drei genannten Systemen Glimmer gehört, kann man nicht so leicht erkennen, erst aus der Form der auf der Spaltungsfläche erzeugten Aetzfiguren (Figur 236) hat man geschlossen, dass er monoklin sei, weil diese nur eine Symmetrieebene besitzen. Aller Glimmer wird daher als monoklin angesehen, die Spaltungsfläche wird als Basis angenommen, von den sechs Flächen, die zu ihr sehr nahezu senkrecht sind, gehören vier dem Vertikalprisma (die vorderen Flächen in Figur 2 der Tafel 68), zwei der Längsfläche oder dem Klinopinakoid an (die rechte und linke in Figur 2), die Flächen des Vertikalprismas schneiden sich unter einem Winkel von 120° 11′, die Abweichung gegen ein hexagonales Prisma ist also so gering, dass sie mit blossem Auge gar nicht wahrgenommen, durch Messung nur selten festgestellt werden kann. Oft sind die Prismenflächen durch ihre Grösse von den Pinakoidflächen zu unterscheiden, wie in Figur 2, oft aber auch nicht, sie können aber auch dann erkannt werden.

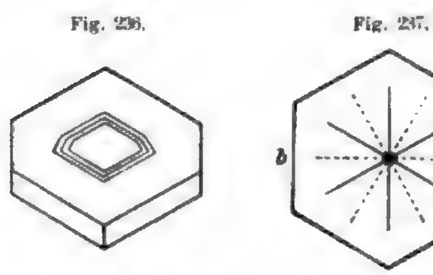


Fig. 236. Aetzfigur auf der Spaltfläche von Glimmer.

Fig. 237. Schlaglinien auf der Spaltfläche von Glimmer.

Wenn man nämlich die Spitze einer Stopfnadel oder eines Nagels auf eine Glimmerplatte aufsetzt und einen kurzen elastischen Schlag auf sie ausführt, so entstehen rings um die Spitze sechs feine Risse, sogenannte Schlaglinien (in Figur 237 die ausgezogenen Linien), von denen vier den Prismenflächen, zwei den Pinakoidflächen parallel gehen; um nun die letzteren von den ersteren zu unterscheiden, sieht man das Blättchen im konvergenten polarisierten Licht an und merkt sich die Richtung des scharfen Balkens (Tafel 4, 3); diese ist entweder senkrecht oder parallel zu einer der Schlaglinien und zwar zu der, welche dem Klinopinakoid parallel geht. So kann man selbst an einem ganz regellos begrenzten oder mit der Schere beliebig beschnittenen Glimmerblättchen die Richtung der Prismenflächen und des Klinopinakoids und damit der Symmetrieebene feststellen, man muss nur die Schlagfigur erzeugen und das Blättchen im konvergenten Licht untersuchen. Glimmer, bei dem der scharfe Balken des Interferenzbildes, dies ist die Ebene der optischen Achsen, senkrecht zu einer Linie der Schlagfigur ist, nennt man einen Glimmer der ersten Art, solchen, bei dem die Ebene der optischen Achsen einer Linie der Schlagfigur parallel geht, Glimmer der zweiten Art.

Auch durch Druck entstehen ähnliche Risse und Linien (die punktierten in Figur 237), von denen eine senkrecht zu dem Klinopinakoid *b*, die andern senkrecht zu

Digitized by Google

den Prismenflächen sind. Wir sehen solche, wahrscheinlich durch Gebirgsdruck entstandene Linien in der Figur 4 unserer Tafel 68, die vier kleineren Flächen wären hiernach die Prismenflächen, die langen die des Klinopinakoids.

Wir haben bisher nur die Flächen berücksichtigt, welche zur Basis nahezu senkrecht sind, die andern sind steile Pyramiden- und steile Domenflächen, in Figur 1 der Tafel 68 sehen wir einen solchen Kristall. So glänzend die Spaltungsfläche ist, so matt und rauh sind in der Regel die andern Flächen, so dass ihre Winkel nur annähernd gemessen werden können, für kristallographische Untersuchung hat Glimmer wenig Verlockendes. Zwillingsverwachsungen sind bei Glimmer häufig, aber nicht so, dass man sie leicht erkennen könnte, wir werden sie hier ganz übergehen.

Nach der chemischen Zusammensetzung sind verschiedene Arten von Glimmer zu unterscheiden; alle enthalten Kieselsäure, Tonerde, Alkalien (Kalium, Natrium oder Lithium), die Bestandteile von Wasser und Fluor, dazu manche Magnesia mit mehr oder weniger Eisen, sodass nach der chemischen Zusammensetzung Kaliglimmer, Natronglimmer, Lithionglimmer und Magnesiaglimmer unterschieden werden können. Wir wollen ihre nähere Zusammensetzung und besonderen Eigenschaften bei den einzelnen Arten angeben.

Kaliglimmer oder Muscovit ist immer eisenfrei und darum hell gefärbt. In dünnen Spaltungsblättchen ist er nahezu farblos, durchsichtig, dicke Kristalle wie die unserer Tafel 68 sind grau (2), grünlichgrau (1), gelblich, braun, seltener grün (3) oder rosafarbig (7); das letztere Vorkommen ist wegen der Rosafarbe früher für Lithionglimmer gehalten, aber bei genauerer Untersuchung als Kaliglimmer erkannt worden. Auf der Spaltungsfläche besitzt er Perlmutterglanz oder Glasglanz, die natürlichen Flächen sind matt oder rauh. Seine Härte ist gering, gleich 2, das spezifische Gewicht liegt bei 3.

Die Spaltungsblättchen geben im konvergenten polarisierten Licht ein Bild wie auf Tafel 4 in Figur 3 und 4 abgebildet, mit recht weit auseinander liegenden Hyperbeln; man sieht hieraus, dass der Winkel der optischen Achsen ziemlich gross ist, er schwankt für die in Luft ausgetretenen Achsen zwischen 60 und 70°. Die Ebene der optischen Achsen liegt senkrecht zur Symmetrieebene, es ist ein Glimmer der ersten Art. Die Doppelbrechung ist nach verschiedenen Richtungen verschieden stark, in den Spaltungsblättchen erscheint sie schwach, in Schnitten quer zur Spaltfläche stark, weil zwei von den drei Hauptbrechungsexponenten nur wenig voneinander verschieden sind, der dritte aber stärker von diesen abweicht. Für Natriumlicht habe ich gefunden 1,6068, 1,6011 und 1,5718, die Differenz zwischen dem ersten und zweiten Wert beträgt nur 0,0057, zwischen dem ersten und dritten Wert aber 0,0350, dünne Spaltblättchen geben daher im parallelen polarisierten Licht nur die Farben niederer Ordnung, Querschnitte aber Farben höherer Ordnung.

Kaliglimmer enthält in reinem Zustand 11,8% Kali, 38,4% Tonerde, 45,3% Kieselsäure und 4,5% Wasser, seine Zusammensetzung kann durch die Formel $KH_2Al_3Si_3O_{12}$ ausgedrückt werden; oft enthält er etwas Fluor oder Natrium in geringer Menge beigemischt. Vor dem Lötrohr ist er schwer schmelzbar, die farblose Flamme wird hierbei durch den Kaligehalt schwach violett gefärbt.

Von Salzsäure und Schwefelsäure wird Kaliglimmer kaum angegriffen, auch die an der Erdoberfläche vorhandenen Lösungen sind ihm gegenüber so gut wie unwirksam, was man daran erkennt, dass er nur selten verwittert, dagegen aus der Verwitterung anderer Mineralien (Feldspat, Andalusit, Granat, Turmalin, Korund und vielen anderen) als Neubildung hervorgeht. Er ist jedenfalls an der Erdoberfläche der beständigste Glimmer und darum weit verbreitet. So ist er mit Kalifeldspat und Quarz wesentlicher Gemengteil von vielen Graniten, von Gneiss und Glimmerschiefer, hat sich bei deren Zerstörung

erhalten und ist so Bestandteil von Trümmergesteinen geworden, nur in Lavagesteinen kommt er niemals vor, dort herrscht sein Verwandter, der Magnesiaglimmer.

In der Regel ist Kaliglimmer in den genannten Gesteinen in Form von unregelmässig lappigen Blättchen enthalten, deren Durchmesser von wenigen Millimetern bis über 20 cm steigt, die grössten finden sich zusammen mit Quarz in dem grobkörnigen, Pegmatit genannten Gestein. Kristalle von Kaliglimmer sind viel seltener, es sind sechsseitige oder rhombische Tafeln, die meist in den Quarz des Gesteins eingewachsen (Tafel 68, 1 und 7) oder auf Höhlungen aufgewachsen (Tafel 68, 3) sind.

In sehr auffallender Weise passen sich die Einschlüsse in Kaliglimmer seiner Tafelform an, indem die eingeschlossenen Kristalle, die sonst gedrungene Gestalt haben, hier flach und tafelig werden, so wird Granat, der sonst nach allen drei Richtungen gleich ausgebildet ist, dünntafelig, Turmalin bildet im Glimmer flache Säulen, Quarz wird papierdünn, Magneteisen so dünn, dass es mit brauner Farbe durchsichtig wird. Man möchte glauben, dass der Glimmer diesen Mineralien die ungewöhnliche Form aufgezwungen hat, denn er kann tatsächlich auf Kristalle, die sich auf ihm abscheiden, einen solchen Einfluss ausüben. Um sich hiervon zu überzeugen, braucht man nur auf einem frischen Spaltungsblättchen von Glimmer in Wasser gelöstes Jodkalium auskristallisieren zu lassen; während sich auf Glas dicke Würfelchen bilden, entstehen hier vorzugsweise flache Oktaeder, die dazu noch regelmässig auf der Spaltungsfläche liegen, nämlich so, dass stets eine Kante der gleichseitigen Dreiecke zur Ebene der optischen Achsen des Glimmers senkrecht ist. Der Glimmer zwingt also die sich ausscheidenden Kriställchen, sich regelmässig zu ordnen, und so wird er auch die eingeschlossenen Kristalle genötigt haben, sich seiner Tafelgestalt anzupassen.

Als Gesteinsgemengteil ist Kaliglimmer so verbreitet, dass wir dafür besondere Fundorte nicht aufzuführen brauchen. Aufgewachsene Kristalle finden sich mit Bergkristall und Feldspat auf Höhlungen im Granit der Schweiz am Gotthard, besonders in der Umgebung des Hospiz, in Salzburg bei Abühl im Sulzbachtal, bei Mursinka im Ural; eingewachsene, bis 25 cm lange und 15 cm dicke Kristalle finden sich im Ilmengebirge; schön grüne Kristalle kommen in Lincoln Co. in Nord-Carolina vor, von denen wir eine kleine Stufe in Figur 3 der Tafel 68 abgebildet haben. Häufiger sind eingewachsene Kristalle, wir haben einen aus dem Gestein herausgelösten von Bamle in Norwegen in Figur 2, einen in Quarz eingewachsenen Kristall in Figur 1 der Tafel 68 abgebildet, der aus New Jersey in den Vereinigten Staaten stammen soll. Der rosenrote der Figur 7 stammt von Goshen in Massachusetts. Blumig-strahliger Glimmer findet sich in dem Granit bei Aschaffenburg, Heidelberg, Pressburg in Ungarn oft in sehr zierlichen Formen. Grosse Tafeln werden in Indien in der Präsidentschaft Bengalen und in Madras gewonnen, die Gesamtproduktion Indiens wird auf 620 engl. Tonnen im Werte von etwa 1200000 Mark geschätzt. Ebenso wird in den Vereinigten Staaten an verschiedenen Orten technisch brauchbarer Glimmer gewonnen, die Produktion ist etwa halb so gross als die Indiens. Auch in Canada kommen Riesenkristalle von Glimmer vor, die aber nicht alle Kaliglimmer, sondern zum Teil helle Arten von Magnesiaglimmer sind.

Verwendung. Glimmer (oder Gips oder beide Mineralien) ist schon den Römern bekannt gewesen, sie benutzten ihn nach Plinius als Ersatz für Glas bei Treibhäusern und bei Bienenstöcken; jetzt wird er zu Fenstern an amerikanischen Oefen, Lampencylindern, Schutzbrillen, überhaupt zu Gegenständen benutzt, die durchsichtig sein und hohe Temperatur ertragen sollen, ohne zu zerspringen. Ihre Herrichtung ist sehr leicht, durch Spaltung gibt man den Blättchen die nötige Dicke, durch Zerschneiden mit einer Schere die erforderliche Form. Im gewöhnlichen Leben wird dieser Glimmer auch Marien-

Digitized by Google

glas genannt und von klarem Gips nicht scharf unterschieden, in der Verwendbarkeit sind aber beide nicht gleich, denn Gips lässt sich nicht biegen wie Glimmer und wird durch Hitze weiss und undurchsichtig.

Natronglimmer oder Paragonit ist dem Kaliglimmer ganz analog zusammengesetzt, das Kalium in diesem ist durch Natrium ersetzt. Er bildet ein weisses, feinschuppiges, schimmerndes Gestein, den Paragonitschiefer, den wir als Muttergestein von Cyanit und Staurolith bereits bei diesen Mineralien erwähnt haben; die Kristalle der Figur 1 auf Tafel 51 sind in solchen Paragonitschiefer eingebettet. Sein Fundort in der Schweiz ist der Monte Campione bei Cheronico unweit Faido am Südabhang des St. Gotthard, ausserdem kommt er auf der Insel Syra, am Oberen See in Nordamerika und einigen anderen Orten vor, nirgends sehr ausgedehnt und immer als Einlagerung in kristallinischen Schiefern.

Lithionglimmer. Zwei Arten von Glimmer enthalten Lithion als wesentlichen Bestandteil, der eine ausserdem Eisen, der andere ist eisenfrei; der erstere führt den Namen Zinnwaldit, der andere heisst Lepidolith. Beide sind vor dem Lötrohr leicht schmelzbar und färben durch ihren Lithiongehalt die Flamme rot. Lepidolith schliesst sich am meisten an die vorher besprochenen Glimmer an, Zinnwaldit mehr an den noch folgenden Magnesiaglimmer.

Lepidolith hat diesen Namen bekommen, weil er sich ausschliesslich in schuppigen Aggregaten findet. Wie der Name für die Schmetterlinge Lepidoptera, auf deutsch die Schuppenflügler, Lepidodendron das Schuppenholz heisst, so bedeutet Lepidolith der Schuppenstein (λεπίς die Schuppe); Kristalle hat man von ihm noch gar nicht gefunden. In der Färbung zeigt er im ganzen grössere Mannigfaltigkeit als die andern Glimmer, er ist weiss, grau, grünlich, in der Regel aber durch einen geringen Mangangehalt rosenrot bis pfirsichblütrot; wir haben ein solch feinschuppiges Aggregat als Muttergestein von rosarotem Turmalin in Figur 8 der Tafel 48 kennen gelernt.

Unter den Alkalien des Lepidoliths überwiegt immer noch Kali mit 9—12%, der Lithiongehalt beträgt 3—6%; daneben enthalten manche Arten Rubidium (bis 3,7% Rb_2O, meist aber viel weniger) und Caesium (bis zu 0,5%). Ferner enthält Lepidolith fast immer Mangan (1—5½% MnO) und in keinem fehlt Fluor (4—8%). Der Gehalt an Kieselsäure schwankt zwischen 49 und 52%, der an Tonerde zwischen 20 und 30%; wir sehen, seine Zusammensetzung ist recht schwankend, sie kann durch die Formel $(K, Li)_3Al_2Si_3O_9Fl_2$ ausgedrückt werden, wenn man den Mangangehalt und einen Gehalt an Wasserstoff vernachlässigt. Die besten Merkmale für ihn sind die rote Farbe, die leichte Schmelzbarkeit und die rote Flammenfärbung. Sein spezifisches Gewicht beträgt 2,8—2,9.

Lepidolith ist immer an granitische Gesteine gebunden, meist von Turmalin begleitet und im ganzen wenig verbreitet. Einige Fundorte sind: Penig in Sachsen, Rožna in Mähren, Schüttenhofen in Böhmen, Alabaschka im Ural, der Staat Maine in den Vereinigten Staaten, wo am Mount Mica bei Paris bis zu 100 kg schwere Massen vorkommen. Eins der grössten Lager ist das von Pala im Distrikt San Diego in Kalifornien, das im Jahre 1901 1750 Tonnen im Werte von 43200 Dollars geliefert hat.

Verwendung. Lepidolith ist das wichtigste Rohprodukt für die Darstellung von Lithionpräparaten, die besonders in der Medizin verwendet werden. Zugleich werden aus ihm Rubidium- und Caesiumpräparate hergestellt, die aber jetzt in grösserer Menge aus den Mutterlaugen der Stassfurter Kalisalze gewonnen werden. Diese beiden Stoffe, die nirgends auf der Erde in grösserer Menge vorkommen, sind spurenweis in vielen Mineralquellen enthalten und in der Mutterlauge einer solchen, der Dürkheimer Sole, hat R. Bunsen die beiden Elemente Rubidium und Caesium entdeckt, aus 240 kg Mutterlauge, der 44200 kg Sole entsprachen, hat er 9 g Chlorrubidium und 7 g Chlorcaesium

abgeschieden; wir sehen hieraus, in welcher Verdünnung diese Stoffe in dem Mineralwasser enthalten sind. Die Entdeckung dieser Elemente glückte Bunsen, nachdem er mit Kirchhoff zusammen die Grundlagen der Spektralanalyse ausgearbeitet hatte, die uns gestattet, die Stoffe auf den entferntesten Sternen wie in ihrer grössten Verdünnung auf der Erde zu erkennen. Lithium, das häufigste dieser drei Elemente, ist der leichteste aller festen Stoffe, sein spezifisches Gewicht beträgt nur 0,59; es ist ein silberweisses Metall, das aber bisher keine besondere Verwendung in der Praxis gefunden hat.

Zinnwaldit ist der eisenhaltige Lithionglimmer, den Namen hat er nach dem wichtigsten Fundort Zinnwald im böhmischen Erzgebirge erhalten. Er bildet bisweilen recht grosse sechsseitige Tafeln, häufiger aber sind kleine, zu fächerförmigen Aggregaten vereinigte Kristalle. Durch den Eisengehalt sind sie gefärbt, graugelb oder braun und oft so, dass verschieden gefärbte Zonen miteinander abwechseln, wie wir in Figur 8 der Tafel 68 sehr schön sehen. Wir erkennen an diesem Kristall weiter, dass senkrecht zu den Randkanten eine feine Streifung verläuft, durch die ein Kristall, wenn er vollständig ausgebildet wäre, in sechs Felder geteilt würde; an unserem Kristall, der wie die meisten unvollständig ist, weil er mit den andern Seiten aufgewachsen und mit andern Kristallen verwachsen war, sehen wir nur zwei solche Felder, die sich hier auch schon durch die Umbiegung der verschieden gefärbten Zonen deutlich voneinander abheben. Diese Streifung deutet eine sehr innige Zwillingsverwachsung an.

Um seine Zusammensetzung zu erklären, kann man annehmen, dass Zinnwaldit ein Lepidolith sei, der noch ein Eisensilikat in irgend einer nicht näher bekannten Weise beigemischt enthält, seine Formel wäre hiernach $(K, Li)_2Al_2Si_3O_9Fl_2 + Fe_2SiO_4$.

Die Analyse eines Zinnwaldits von Zinnwald hat folgende Werte ergeben:

46,44% SiO_2, 21,84% Al_2O_3, 10,19% FeO, 1,57% MnO, 10,58% K_2O, 3,36% Li_2O, 7,62% Fl, 1,04% H_2O, 1,27% Fe_2O_3.

Ausserdem enthält Zinnwaldit Spuren von Rubidium, Caesium und Thallium.

Vor dem Lötrohr schmilzt er leicht zu dunkler Schlacke und färbt die Flamme rot. Das spezifische Gewicht beträgt 2,9—3,1.

Der Hauptfundort für Zinnwaldit ist Zinnwald in Böhmen, wo er mit Zinnstein, Flussspat und Scheelit auf Quarz aufgewachsen vorkommt. Die Tafeln haben gewöhnlich 1—2 cm Durchmesser, so grosse wie die auf unserer Tafel abgebildete sind nicht gerade häufig.

Magnesiaglimmer oder Biotit ist in der Regel dunkel gefärbt, dunkelbraun oder dunkelgrün, und kann dann leicht von Muscovit unterschieden werden, bisweilen aber ist er auch so hell wie dieser und eine Unterscheidung nach der Farbe ist dann nicht möglich. Wir sehen dies an dem auf unserer Tafel 68 abgebildeten Magnesiaglimmer, den dunkelbraunen Kristall der Figur 5 wird man mit keinem andern Glimmer verwechseln, die Kristalle der Figur 6 könnte man nach ihrer Farbe vielleicht schon für Kaliglimmer halten, wenn man nicht aus ihrem Vorkommen wüsste, dass sie zu Magnesiaglimmer gehören; sie befinden sich in einem Auswürfling der Mte. Somma und in diesen Auswürflingen ist Magnesiaglimmer, auch viel dunklerer als der hier abgebildete, sehr häufig, Kaliglimmer aber noch nie beobachtet. Den grossen Kristall der Figur 4 würde man nach seiner hellen Farbe für Kaliglimmer halten, erst die genauere Untersuchung ergibt, dass er sich von diesem doch unterscheidet und zu Magnesiaglimmer gehört.

Eigentlich ist es nicht ganz richtig, Kaliglimmer und Magnesiaglimmer einander gegenüber zu stellen, denn beide enthalten Kali, nur der letztere ausserdem noch Magnesia; will man jedes Missverständnis ausschliessen, so gebe man hier dem Kaliglimmer seinen anderen Namen Muscovit. Soll auch der Magnesiaglimmer genauer bezeichnet werden, so

Digitized by Google

wird der dunkle, eisenreiche Biotit (wohl auch Meroxen), der helle, eisenarme Phlogopit genannt. Zu Biotit gehören die in Figur 5 und 6 der Tafel 68 abgebildeten Kristalle, Phlogopit ist der Kristall der Figur 4.

Diese beiden Arten von Magnesiaglimmer sind von Muscovit auch durch ihr optisches Verhalten unterschieden; die schwarzen Hyperbeln des im konvergenten polarisierten Licht auftretenden Bildes sind nahe aneinander gerückt, der Achsenwinkel ist, wie hieraus hervorgeht, immer klein und nähert sich bei manchem braunem Biotit der Null, so dass das Bild nicht mehr wie das der Figur 4 der Tafel 4, sondern wie das der Figur 1 aussieht; man hat daher diesen Glimmer lange für einachsig gehalten, bis erst genauere Untersuchungen ergeben haben, dass sie alle zweiachsig und monoklin sind. Ein weiterer Unterschied gegen Muscovit besteht darin, dass Biotit und Phlogopit Glimmer zweiter Art sind, man würde hiernach, wenn es darauf ankommt, den hellen Phlogopit von Muscovit unterscheiden können. Der dunkle Biotit ist immer stark dichroitisch, nur kann man den Dichroismus nicht in den Spaltungsblättchen, sondern nur in Querschnitten wahrnehmen. Aus einem isolierten Kristall lassen sich freilich Querschnitte nicht gut herstellen, weil er wegen der vollkommenen Spaltbarkeit nach der einen Richtung aufblättern würde, um so mehr hat man Gelegenheit, Querschnitte in Gesteinsdünnschliffen zu beobachten. Sie sind, ähnlich wie der Hornblendedurchschnitt in Figur 4 der Tafel 67, von feinen, geradlinigen Spaltrissen durchzogen, besitzen zum Unterschied gegen Hornblende gerade oder nahezu gerade Auslöschung und wie diese sehr kräftigen Dichroismus, die Farbe wechselt beim Drehen über dem unteren Nicol zwischen hellgelb und dunkelbraun.

An Spaltungsblättchen von Phlogopit kann man manchmal eine eigenartige Lichterscheinung beobachten, wenn man durch sie gegen eine Lichtflamme hinsieht. Man bemerkt dann einen grossen, sechs- oder zwölfstrahligen hellen Stern, dessen Mittelpunkt die Lichtflamme bildet. Die Erscheinung, Asterismus genannt, wird durch mikroskopisch feine, nadelförmige Kriställchen von Rutil hervorgerufen, die nach drei oder sechs Richtungen in den Glimmer eingelagert sind und so dicht liegen, dass sie diese Beugungserscheinung bewirken.

Unter allen Glimmerarten kommt Magnesiaglimmer in den besten Kristallen vor, die von Biotit (Tafel 68, 5 und 6) sind meist dünntafelig, klein, ihre kleinen Flächen am Rande sind bisweilen (an Kristallen von der Monte Somma) so scharf und glänzend, dass ihre Winkel gemessen und aus ihnen die Zugehörigkeit zum monoklinen System bewiesen werden konnte. Die Kristalle von Phlogopit sind meist grösser, ihre Flächen sind rauher, das Innere ist nicht selten von Druckflächen (Tafel 68, 4) durchzogen. Ein Riesenkristall von Phlogopit, wohl der grösste überhaupt bekannte Glimmerkristall, ist in einer Glimmergrube nahe bei Sydenham, Frontenac Co. in Ontario, gefunden worden; seine Spaltungsfläche hatte $1^1/_2$ und 2 m Durchmesser und der Kristall hatte eine Länge von über 5 m, es würde schon ein recht hohes Zimmer dazu gehören, ihn aufrecht aufzustellen.

Die chemische Zusammensetzung der Magnesiaglimmer ist sehr grossen Schwankungen unterworfen dadurch, dass wechselnde Mengen von Magnesia durch Eisenoxydul, von Tonerde durch Eisenoxyd vertreten werden; eine Formel, in der dies zum Ausdruck kommt, wäre: $(K, H)_2 (Mg, Fe)_2 (Al, Fe)_2 Si_3 O_{12}$. Diese Formel passt für viele Vorkommnisse von Biotit, wir geben als Beispiel eine Analyse des Biotit vom Vesuv (Mte. Somma) nach Fr. Berwerth:

39,30% SiO_2, 16,97% Al_2O_3, 0,48% Fe_2O_3, 7,86% FeO,
21,89% MgO, 7,79% K_2O, 4,02% H_2O, 0,89% Fl.

Der Gehalt an Eisenoxyd ist hier gering, in andern Biotiten steigt er bis über 20%. Phlogopit enthält weniger Eisen, auch ist das Verhältnis von Kieselsäure zu den Basen ein anderes als in Biotit.

Biotit ist der verbreitetste von allen Glimmern, er ist nicht nur, wie Muscovit, Gemengteil von Granit, Gneiss und Glimmerschiefer, sondern auch Gemengteil von vulkanischen Gesteinen. In Granit und verwandten Gesteinen bildet er unregelmässig begrenzte Blättchen und grössere Tafeln, in vulkanischen Gesteinen ist er oft in Gestalt von regelmässig sechsseitigen Blättchen enthalten; besonders scharfe Kristalle von braunem Biotit finden sich in losen vulkanischen Sanden. So kommt er in vulkanischen Sanden im Vogelsberg (Tafel 68, 5), im Westerwald, im Gebiet des Laacher Sees und im böhmischen Mittelgebirge vor. Die besten aufgewachsenen Kristalle finden sich in den Auswurfsblöcken der Mte. Somma am Vesuv (Tafel 68, 6). Grosse Phlogopitkristalle kommen aus Bengalen und von South Burgess, Ontario und andern Gebieten in Canada.

Als Gemengteil von Granit, Syenit, Diorit, Minette, Trachyt, Porphyr und Basalt, Gneiss und Glimmerschiefer ist Biotit so verbreitet, dass es unnötig ist, einzelne Fundorte anzugeben. Auch in den durch Kontakt mit Eruptivgesteinen veränderten Tonschiefern und Kalken ist Biotit ein häufiger Gast.

An der Erdoberfläche ist Biotit nicht so beständig wie Muscovit, er wird durch die Atmosphärilien ausgebleicht und umgewandelt und geht in Muscovit oder in grüne chloritische Substanz über. Als Neubildung entsteht er bisweilen bei Verwitterung von Granat, Skapolith und Augit. Die als grüne Farbe benutzte Grünerde vom Mte. Baldo am Gardasee ist zum Teil ähnlich zusammengesetzt.

Chloritgruppe.

Die Mineralien der Chloritgruppe besitzen wie die der Glimmergruppe vollkommene Spaltbarkeit nach einer Richtung und haben hexagonale Form (Tafel 68, 9—11), sind zum Teil jedenfalls, wie alle Glimmer, monoklin, zum Teil vielleicht tatsächlich hexagonal. Zum Unterschied gegen Glimmer sind dünne Spaltungsblättchen gemein biegsam, namentlich aber ist Chlorit frei von Alkalien und Fluor. Ausser Kieselsäure enthält Chlorit immer Tonerde, Magnesia und die Bestandteile von Wasser, dazu als Vertreter von Magnesia wechselnde Mengen von Eisenoxydul, bisweilen auch Eisenoxyd. Die eisenhaltigen sind grün und blaugrün und nach der Farbe *χλωρός* (grün) hat das Mineral den Namen Chlorit bekommen. Je nach der chemischen Zusammensetzung und der Form werden die folgenden wichtigsten Varietäten unterschieden:

Pennin ist nach seiner Form hexagonal-rhomboedrisch, die einfachsten Kristalle erscheinen als Kombination eines Rhomboeders mit der Basis (Tafel 68, 10), die vollkommene Spaltbarkeit geht der Basis parallel, die Rhomboederflächen schneiden sich unter einem Winkel von $114\frac{1}{2}°$, die Basis bildet mit ihnen einen Winkel von 104°. Die Basis ist als natürliche Kristallfläche rauh, so an dem Kristall der Figur 10, als Spaltungsfläche besitzt sie Perlmutterglanz.

Mit der rhomboedrischen Form stimmt das optische Verhalten; die Spaltungsblättchen erweisen sich im konvergenten polarisierten Licht als einachsig und geben das Kreuz der Figur 1 auf Tafel 4 wegen ihrer schwachen Doppelbrechung mit weit auseinanderliegenden Ringen. Trotzdem nehmen manche Forscher an, auch Pennin sei monoklin und die optische Einachsigkeit sei eine Folge von vielmals wiederholter Zwillingsbildung, wir können diese Frage hier nicht verfolgen. Wenn es wegen der Dicke der Kristalle möglich ist, durch die Rhomboederflächen hindurchzusehen, so erscheinen sie tief blutrot, während sie durch die Basis blaugrün (entenblau) erscheinen, sie sind, wie hieraus hervorgeht, stark dichroitisch. Präparate, die senkrecht zur Basis aus einem

Digitized by Google

Kristall herausgeschnitten sind, sind zur Untersuchung mit der dichroskopischen Lupe gut geeignet, das eine Bild erscheint grün, das andere braunrot.

Die Härte von Pennin ist gering, etwa $2^1/_2$, das spezifische Gewicht ist 2,65 für den Pennin von Zermatt.

Als Beispiel für die chemische Zusammensetzung führen wir die des Pennins von Zermatt an; er enthält nach einer Analyse von Hamm:

33,71% SiO_2, 12,55% Al_2O_3, 2,74% Fe_2O_3, 3,40% FeO, 34,70% MgO, 12,27% H_2O.

Man kann diese Zusammensetzung durch die Formel $H_8(Mg, Fe)_5(Al, Fe)_2Si_3O_{18}$ ausdrücken. Von Salzsäure wird Pennin unter Abscheidung von Kieselsäure zersetzt.

Pennin findet sich in aufgewachsenen und zu Drusen vereinigten Kristallen auf Klüften von Chloritschiefer und ähnlichen Gesteinen. Der Fundort des typischen Pennin ist Zermatt in der Schweiz (Tafel 68, 10); er bildet hier bis über 4 cm lange und 3 cm dicke Kristalle, die auf Klüften von Strahlsteinschiefer und Chloritschiefer an der Rympfischwäng am Findelengletscher und am Gornergrat vorkommen und von Magneteisen, Diopsid, Granat und Kalkspat begleitet sind. Andere Fundorte liegen im Binnental in der Schweiz, im Alatal in Piemont und im Zillertal in Tirol.

Eine durch Chrom (5% Cr_2O_3) rot gefärbte Varietät von Pennin hat den Namen Kaemmererit bekommen und findet sich auf Chromeisenstein am Itkulsee bei Miask im Ilmengebirge, bei Bissersk im Ural, bei Kraubat in Steiermark und in Texas, Lancaster Co., in den Vereinigten Staaten.

Klinochlor. Von Pennin ist Klinochlor (Tafel 68, 11) äusserlich nicht zu unterscheiden. Der Name deutet an, dass Klinochlor monoklin ist, bisweilen kann man dies den Kristallen schon ansehen, mit Sicherheit ist es durch Messung festgestellt. Zum Unterschied gegen Pennin ist Klinochlor deutlich optisch zweiachsig, seine Spaltungsblättchen geben im konvergenten polarisierten Licht ein Bild, das an die Figuren 3 und 4 der Tafel 68 erinnert. In allen andern Eigenschaften verhält er sich wie Pennin, seine Farbe ist bläulichgrün, er ist dichroitisch und enthält dieselben Bestandteile. Zum Vergleich geben wir die Zusammensetzung des Klinochlors von Westchester nach einer Analyse von Clarke und Schneider; er enthält:

29,87% SiO_2, 14,48% Al_2O_3, 5,52% Fe_2O_3, 1,56% Cr_2O_3, 1,93% FeO, 33,06% MgO, 13,60% H_2O.

Wenn wir den Eisengehalt nicht berücksichtigen, kann seine Zusammensetzung durch die Formel $H_8Mg_5Al_2Si_3O_{18}$ ausgedrückt werden.

Klinochlor kommt in aufgewachsenen Kristallen, grossblättrigen Massen und feinschuppigen Aggregaten vor; letztere treten gesteinsbildend als Chloritschiefer auf, den wir als Muttergestein von Magneteisen (Tafel 29, 1) und Perowskit (Tafel 40, 1 und 3) schon mehrfach genannt haben. Die aufgewachsenen Kristalle sind in der Regel von Granat und Diopsid, Magneteisen, bisweilen auch von Titanit (Tafel 40, 10) begleitet. Sie sitzen bald ziemlich isoliert, bald dicht aneinander gedrängt auf der Unterlage, nicht selten bilden sie durch nicht parallele Verwachsung vieler kleiner Täfelchen rosettenförmige oder wurmförmige Gestalten.

Die grössten Kristalle von Klinochlor finden sich bei Westchester in Chester County in Pennsylvanien (Tafel 68, 11), bald sechsseitige, wie hier abgebildet, bald dicke und grosse Kristalle mit dreiseitiger Basis. Ebenfalls schöne Kristalle kommen bei Achmatowsk im Ural, kleine auf der Mussaalp im Alatal in Piemont, am Schwarzenstein im Zillertal und bei Pfitsch in Tirol, bei Kupferberg im Fichtelgebirge etc. vor.

Digitized by Google

Ein eisenarmer, gelblich- oder grünlichweisser Klinochlor ist der Leuchtenbergit aus der Gegend von Slatoust im Ural, wir haben eine Stufe in Figur 9 der Tafel 68 abgebildet, die Aehnlichkeit mit dem Klinochlor der Figur 11 in der Form und der Ausbildung springt sofort ins Auge. Das Mineral hat einen besonderen Namen bekommen (nach dem Herzog Maximilian von Leuchtenberg), weil man es früher für ein selbständiges Mineral gehalten hat.

Ausser den wenigen hier genannten Chloritvarietäten werden noch viele andere unterschieden, wir verzichten aber darauf, sie hier zu nennen.

Erdiger Chlorit wird wohl manchmal als grüne Farbe benutzt, sonst findet das Mineral keine weitere Verwendung.

Olivin.

Olivin hat als Mineral in mehrfacher Hinsicht Bedeutung, er ist ein wesentlicher Gemengteil vieler Gesteine; durch Verwitterung sind andere, verbreitete Mineralien aus ihm entstanden; klare Stücke werden seit alten Zeiten als Edelstein verwendet, flächenreiche Kristalle mit allen Eigenschaften des irdischen Olivins sind als Gemengteil von Meteoreisen bekannt geworden und beweisen uns, dass die Gesetze, nach denen die Stoffe zu chemischen Verbindungen vereinigt und deren Teilchen zu einem Kristall zusammengefügt werden, im ganzen Weltall gleich sind, dass es Naturgesetze sind.

Die in Olivin vereinigten Stoffe sind Kieselsäure, Magnesia und Eisenoxydul, die beiden letzteren in wechselndem Verhältnis, indem hier, wie so oft, Magnesia durch Eisenoxydul in wechselnder Menge ersetzt ist; ein an Eisen besonders reicher Olivin aus einem glasigen Basalt an der Limburg im Kaiserstuhl hat den besonderen Namen Hyalosiderit bekommen. Sehr häufig enthält Olivin eine kleine Menge Nickel, und da ist es bemerkenswert, dass in Verbindung mit olivinreichen Gesteinen bisweilen Nickelerze auftreten, bald entschieden als Verwitterungs- und Konzentrationsprodukte wie der Garnierit (Seite 166), bald mehr als ursprüngliche Bildungen wie Millerit und andere, die vielleicht unter Mitwirkung von heissen Quellen entstanden sind, welche nach der Eruption jener Gesteine aus der Tiefe hervorbrachen. Jedenfalls kann Olivin mehr als irgend ein anderes gesteinbildendes Mineral als Nickelbringer bezeichnet werden. Ausser Nickel enthält Olivin bisweilen Spuren von Mangan und Tonerde. Zum Beleg für das Gesagte führen wir hier die Resultate einiger Olivinanalysen auf, lassen nur die geringen Mengen von Mangan und Tonerde unberücksichtigt:

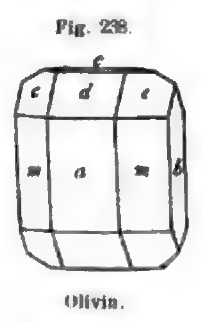
1. Olivin aus dem Vogelsberg	40,09 % SiO_2,	50,49 % MgO,	8,17 % FeO,	0,37 % NiO,
2. Olivin aus dem Orient . .	39,73 „ SiO_2,	50,13 „ MgO,	9,19 „ FeO,	0,32 „ NiO,
3. Olivin aus Pallaseisen . .	40,86 „ SiO_2,	47,35 „ MgO,	11,72 „ FeO,	—
4. Hyalosiderit v. d. Limburg .	36,72 „ SiO_2,	31,99 „ MgO,	29,96 „ FeO,	—

In allen Fällen kann die Zusammensetzung von Olivin durch die Formel $(Mg, Fe)_2SiO_4$ ausgedrückt werden. Ein Olivin, der gar keine Magnesia oder nur Spuren davon enthält, ist Fayalit genannt worden; es ist das reine Eisensilikat und findet sich auf Hohlräumen von glasreichen vulkanischen Gesteinen im Yellowstone National Park.

Das Gegenstück hierzu ist der Forsterit, der nur ganz geringe Mengen von Eisen enthält, darum nahezu farblos ist, in der Formenausbildung aber im wesentlichen mit Olivin übereinstimmt; er findet sich unter andern in Auswürflingen der Mte. Somma am Vesuv. Auf beide Mineralien kommen wir nicht weiter zurück.

Olivin hat seinen Namen wegen seiner olivengrünen Farbe bekommen, die für grössere, in Basalt eingewachsene Körner (Tafel 69, 4) recht charakteristisch ist. Die isolierten klaren Kristalle sind hell gelblichgrün (Tafel 69, 1 und 2) und führen als Edelstein (Figur 3) den Namen Chrysolith oder Peridot. Den Namen Chrysolith gebraucht schon Plinius, aber für ein anderes Mineral, vielleicht gelben Topas, auf den er besser passen würde; Peridot ist der bei den französischen Edelsteinschleifern seit langem gebräuchliche und danach auch von den französischen Mineralogen angenommene Name.

Fig. 238.



Olivin.

Die Kristalle von Olivin gehören dem rhombischen System an und sind meist nicht sehr flächenreich. An der Textfigur 238 bedeutet *m* das Vertikalprisma ∞P, *a* das Makropinakoid $\infty \bar{P} \infty$, *b* das Brachypinakoid $\infty \breve{P} \infty$, *c* die Basis $0 P$, *e* die Pyramide *P* und *d* das Makrodoma $\bar{P} \infty$. Dieser Zeichnung entspricht am meisten der Kristall in Figur 6 unserer Tafel 69, er wendet dieselben Flächen auf uns zu, nur fehlt ihm die Basis und das seitliche Pinakoid. An den kleinen Kristallen der Figuren 2 und 3 herrscht das vordere Pinakoid vor, an dem Ende ist ein Brachydoma gross entwickelt.

Viel häufiger als Kristalle sind regellose, im Gestein eingewachsene Körner, die man an ihrer hell olivengrünen oder ölgrünen Farbe meist sofort erkennt. Sie sind klar durchsichtig oder durchscheinend, besitzen Glasglanz, die grösseren haben wohl manchmal ebene Bruchflächen und lassen hierdurch Spaltbarkeit nach zwei Pinakoiden erkennen, die kleineren Körner haben unregelmässig muschligen Bruch. Sie sind so hart wie Quarz und so schwer wie Augit, ihr spezifisches Gewicht beträgt 3,3—3,4. Von warmer Salzsäure wird fein gepulverter Olivin völlig zersetzt. Recht stark ist die Lichtbrechung und Doppelbrechung, der kleinste Wert für den Brechungsexponenten und gelbes Licht ist 1,661, der grösste 1,697.

Die letzteren Eigenschaften dienen zur Bestimmung von mikroskopisch kleinen Olivinkristallen im Dünnschliff. Seine Durchschnitte sind seiner Form entsprechend bald scharf umgrenzt, bald am Rande korrodiert, bald völlig regellos. Eine besonders charakteristische Durchschnittsform sehen wir in Figur 5 auf Tafel 67, die Spaltbarkeit ist durch feine Querrisse angedeutet. Er wird farblos durchsichtig, die Oberfläche erscheint wegen der starken Lichtbrechung rauh, was man besonders bemerkt, wenn man die Hülse mit dem unteren Nicol senkt; hier ist es absichtlich nicht zum Ausdruck gebracht, um die Klarheit des Bildes nicht zu beeinträchtigen. Infolge der starken Doppelbrechung gibt er im polarisierten Licht lebhafte Farben, als rhombisches Mineral besitzt er gerade Auslöschung; der in der Figur 5 abgebildete Durchschnitt würde also dunkel werden, wenn die lange, im Bild aufrechte Kante einer Schwingungsrichtung der Nicols parallel geht. Unter den Einschlüssen, die das Mikroskop uns enthüllt, sind kleine Körner und gerundete Oktaeder von Picotit (Seite 221) besonders häufig.

Sehr leicht ist Olivin der Verwitterung unterworfen; bei normalem Verlauf geht er hierbei durch Aufnahme von Wasser in Serpentin über. So bestehen die grössten Kristalle, die man von Olivin kennt (Tafel 69, 5 und 6) nicht mehr aus Olivinsubstanz, sondern aus Serpentin, es sind Pseudomorphosen von Serpentin nach Olivin. In Figur 6 sehen wir einen einfachen, in der Form wohl erhaltenen Kristall, in der Stufe der Figur 5 sind die beiden grossen Kristalle mit einer Fläche des Brachydoma $\breve{P} \infty$ verwachsen und bilden einen Zwilling, bei Olivin etwas recht Seltenes. Der in Gestein eingewachsene Olivin ist ausserordentlich häufig zu Serpentin verwittert und es lässt sich in Dünnschliffen die Umwandlung in allen Stadien verfolgen; wir sehen ein gutes Präparat in Figur 6 der Tafel 67, in der der Olivinkristall, dessen Umriss noch deutlich zu erkennen ist,

Digitized by Google

ebenso gerichtet ist wie in Figur 5. Die Umwandlung beginnt am Rande und an den feinen Rissen, die geradlinig oder unregelmässig den Olivin durchziehen, und schreitet immer mehr nach dem Inneren vor. Der Olivin zerfällt hierdurch in viele einzelne Körner, zwischen denen sich das Maschenwerk von Serpentin hinzieht; der Serpentin nimmt auf Kosten des Olivin immer mehr zu und schliesslich ist der Olivin völlig umgewandelt, seine Form ist von Serpentinsubstanz $H_4Mg_3Si_2O_9$ ausgefüllt; hierbei bildet sich in der Regel etwas Magneteisen, das sich auf den Maschen ablagert. Durch solche Umwandlung sind olivinreiche Gesteine bisweilen zu Serpentin geworden, auch die in den Figuren 7 und 8 der Tafel 68 abgebildeten Serpentinvarietäten sind aus Olivin hervorgegangen. Eisenreicher Olivin geht durch Oxydation in wasserhaltiges Eisenoxyd über und wird braun, wie der Hyalosiderit und der Olivin in manchen Basalten. In kalkreichen Gesteinen verläuft die Umwandlung offenbar durch das im Wasser gelöste Calciumkarbonat anders und so, dass der Olivin in Kalkspat umgewandelt wird; in dem Olivin des oberdevonischen, an Kalk reichen Diabas ist diese Umwandlung die Regel.

Olivin ist wesentlicher Gemengteil von Basalt und verwandten Gesteinen und ist in isolierten Körnern und kleinen Kristallen (Tafel 67, 5) bald ziemlich gleichmässig durch das ganze Gestein verteilt, bald in grösseren Massen darin angereichert, so wie wir es in Figur 4 der Tafel 69 sehen. Diese Olivinausscheidungen der Basalte bestehen zum grössten Teil aus Olivin, enthalten daneben hellbraunen und grasgrünen Augit und Körner von schwarzem Picotit. Bomben von solchen Ausscheidungen sind bei Eruptionen der Vulkane ausgeschleudert worden, besonders reich daran ist der alte Krater des Dreiser Weiher in der Eifel. In andern Gesteinen überwiegt der Olivin über alle anderen Gemengteile, so in dem Pikrit (Tafel 67, 6), der wegen des hohen Gehaltes an Magnesia, Bittererde, seinen Namen bekommen hat, und in dem Olivinfels, der in einigen Gegenden der Erde in grossen Massen vorkommt. Isolierte Kristalle findet man hier und da in vulkanischer Asche, z. B. am Forstberg im Gebiet des Laacher Sees. Der Fundort der grösseren, klaren Kristalle (Tafel 69, 1 und 2) ist nicht genau bekannt, sie kommen aus dem Orient, angeblich aus Oberägypten; als Fundort für den geschliffenen Stein der Figur 3 ist die Insel Spyrget im Golf von Arabien angegeben. Die grossen, auf unserer Tafel in Figur 5 und 6 abgebildeten Pseudomorphosen von Serpentin nach Olivin kommen von Snarum bei Modum in Norwegen. Der eisenreiche typische Hyalosiderit findet sich in glasreichem Basalt an der Limburg im Kaiserstuhl. Als Gemengteil von Meteoreisen sehen wir Olivin in Figur 7 der Tafel 31.

Verwendung. Der klare Olivin wird als Edelstein geschliffen und heisst als solcher Chrysolith oder Peridot; er zeichnet sich bei vollkommener Durchsichtigkeit durch starken Glanz aus, gehört aber wegen seiner gelblichgrünen Farbe nicht gerade zu den beliebten Schmucksteinen. Von ebenso gefärbtem Glas kann man ihn leicht durch sein hohes spezifisches Gewicht unterscheiden, in Bromoform sinkt Olivin unter, während Glas schwimmt.

Serpentin.

Wie wir bei Besprechung von Olivin gesehen haben, ist Serpentin Verwitterungsprodukt von Olivin, wir können hinzufügen, auch von anderen Magnesiasilikaten, vorzugsweise aber von Olivin. Eigene Kristallform besitzt Serpentin nicht, sondern bildet für sich nur faserige, stengelige, blätterige oder dichte Massen.

Der faserige Serpentin ist gelb in verschiedenen Nuancen und heisst wegen der Farbe und faserigen Beschaffenheit Chrysotil; er bildet parallelfaserige, durch Seiden-

Digitized by Google

glanz ausgezeichnete Schnüre in dichtem, dunklem Serpentin (Tafel 69, 7). Die Fasern stehen senkrecht zur Wand der Spalte, die sie ausfüllen, und durchschwärmen, in vielen Etagen übereinanderliegend, den dichten Serpentin. Je länger und feiner die Fasern sind, um so leichter lassen sie sich voneinander ablösen; sie sind biegsam, lassen sich zu feinwolligen Massen zerzupfen und haben alle äusseren Eigenschaften von Asbest, heissen darum Serpentinasbest. Typischer Chrysotil findet sich bei Reichenstein in Schlesien, bei Friedensdorf in Nassau und sehr verbreitet in der Provinz Quebec in Canada, von hier kommt namentlich auch der technisch brauchbare Serpentinasbest.

Der stengelige Serpentin (Metaxit) und der blättrige (Antigorit) sind weniger wichtige Varietäten und wir übergehen sie hier. Der dichte Serpentin ist entweder auf Klüften abgeschieden und dann rein, meist hellfarbig, grau- oder gelbgrün bis dunkelgrün, oft gebändert, hat splittrigen oder muschligen Bruch und erweist sich erst unter dem Mikroskop im polarisierten Licht als äusserst feinfaseriges Aggregat. Er heisst in dieser Ausbildung Pikrolith (Tafel 69, Figur 8) oder auch edler Serpentin; auch die Pseudomorphosen bestehen meist aus dieser Varietät. Oder der dichte Serpentin bildet jetzt noch einen Bestandteil des Gesteins, in dem er entstanden ist und enthält dann alle die Gemengteile, die noch nicht der Verwitterung anheimgefallen sind, wie Augit, Pyrop und andere Mineralien; er wird von dem ersteren als gemeiner Serpentin unterschieden.

Die Entstehung von Serpentin aus Olivin kann man überall da verfolgen, wo ältere olivinreiche Gesteine an der Erdoberfläche auftreten; die Umwandlung ist in der Nähe der Erdoberfläche und längs der Klüfte am weitesten vorgeschritten und zweifellos durch die Atmosphärilien bewirkt, vielleicht nachdem diese aus andern verwitternden Mineralien (Feldspat) gewisse Stoffe aufgenommen hatten. Wie die Umwandlung für das Auge sichtbar verläuft, haben wir bei Olivin gesehen, hier wollen wir noch den chemischen Prozess kurz verfolgen. Schematisch verläuft dieser so, dass aus zwei Molekülen Olivin ein Molekül Magnesia oder Eisenoxydul ausgeschieden und von dem Rest zwei Moleküle Wasser aufgenommen werden:

$$\text{Olivin } 2(Mg,Fe)_2SiO_4 - (Mg,Fe)O + 2H_2O = H_4(Mg,Fe)_3Si_2O_9 \text{ Serpentin.}$$

Die ausgeschiedene Magnesia verbindet sich mit Kohlensäure zu Magnesit, der in dichten, rissigen, weissen Knollen bisweilen den Serpentin begleitet; das Eisenoxydul wird zum Teil oxydiert und gibt Magneteisen, das sich in dem Serpentin ausscheidet. Der Rest nimmt Wasser auf und bindet es so fest, dass es erst durch Glühhitze wieder ausgetrieben werden kann; man nimmt daher an, dass es im Serpentin chemisch gebunden sei, dass es nicht als sogen. Kristallwasser in ihm enthalten sei; aus diesem Grund schreibt man die Formel für Serpentin so, wie oben geschehen. Ihr würde für einen eisenfreien Serpentin ein Gehalt von 43,5% Kieselsäure, 43,5% Magnesia und 13% Wasser entsprechen; der Gehalt an Eisenoxydul steigt bis zu 10%, selten mehr. Durch Aufnahme von Tonerde geht Serpentin in Chlorit über, der seinerseits bei der Verwitterung von tonerdehaltigen Magnesiasilikaten, besonders von Augit, entsteht; ein Gestein, das ursprünglich aus Olivin und Augit bestanden hat, kann durch die Verwitterung ein Gemenge von Serpentin und Chlorit geworden sein.

Dichter Serpentin, oft von Chrysotil begleitet, ist auf der Erde sehr verbreitet; in Deutschland in den Vogesen, bei Todtmoos im Schwarzwald, bei Biedenkopf und Dillenburg in Nassau, im Fichtelgebirge. grössere Lager bei Zöblitz in Sachsen, bei Reichenstein und Kosemitz in Schlesien, bei Pressnitz in Böhmen, Kraubat in Steiermark, bei Zermatt und an andern Orten in der Schweiz, bei Prato unfern Florenz, bei Katherinenburg etc. im Ural, sehr verbreitet in den Vereinigten Staaten.

Digitized by Google

Die Olivingesteine und der daraus hervorgegangene Serpentin sind oft das Muttergestein nutzbarer Mineralien, so von Diamant und Pyrop, von Arseneisen, Magneteisen, Chromeisenstein und Platin, von Chrysopras und Nickelerzen.

Verwendung. Serpentinasbest wird wie der eigentliche Asbest verwendet, verträgt aber weniger hohe Temperatur, da er hierbei sein Wasser verliert und spröde wird. Gemeiner Serpentin wird zu Vasen, Lampenfüssen, Schalen, Wärmsteinen und andern Gegenständen verarbeitet. Seine nicht zu hohe Härte (H. = 3) und genügende Festigkeit macht ihn hierzu gut geeignet; früher glaubte man, dass er gegen Gift, besonders Schlangengift, wirke, darum wurden Reibschalen aus Serpentin in Apotheken solchen aus anderem Material vorgezogen.

Meerschaum.

Jedermann kennt Meerschaum in verarbeitetem Zustand als eine dichte, weisse, mattglänzende Masse, die etwa wie Elfenbein aussieht und sich wegen ihrer Beschaffenheit mehr wie eine andere zu Pfeifenköpfen und Zigarrenspitzen eignet. Meerschaum ist hierzu besonders brauchbar, weil er sich leicht schneiden lässt, genügend dicht, dabei aber doch sehr porös ist und Feuchtigkeit begierig aufsaugt.

Der rohe Meerschaum bildet unregelmässige Knollen mit runder Oberfläche, die undurchsichtig, weiss oder wenig intensiv gefärbt und so porös sind, dass sie an der Zunge kleben und auf dem Wasser schwimmen. Auf frischem Bruch ist er matt, erdig, wird aber auf dem Strich, den man etwa mit dem Nagel erzeugt, dichter und glänzend, weil die Teilchen trotz der geringen Härte des Minerals fest aneinander haften und durch gelinden Druck zusammengedrückt werden. In dem Zustande, in dem Meerschaum sich findet, kann er nicht immer ohne weiteres verarbeitet werden, sei es, dass er zu unrein ist, sei es, dass die Stückchen zu klein sind. Diese werden gestossen, mit Wasser angerührt und die Masse eine Zeitlang sich selbst überlassen. Sie macht dann, ähnlich wie der zur Porzellanfabrikation aufgeschlämmte Kaolin, eine Art Gährung durch, welche zur Reinigung beiträgt. Darauf wird der Meerschaum geformt, und, damit er sich gut anraucht, imprägniert.

Dass roher Meerschaum bisweilen durch organische Substanz, welche jene Gärung erleidet, verunreinigt sei, möchte man auch daraus schliessen, dass manche Stücke beim Erhitzen erst schwarz werden und sich darauf weiss brennen.

Nach seiner chemischen Zusammensetzung ist Meerschaum mit Serpentin nahe verwandt, er enthält dieselben Bestandteile, Magnesia, Kieselsäure und Wasser, nur in anderem Verhältnis, seine Zusammensetzung kann durch die Formel $H_4Mg_2Si_3O_{10}$ ausgedrückt werden, er ist wie Talk und Serpentin ein wasserhaltiges Magnesiasilikat und wohl zweifellos wie Serpentin ein Verwitterungsprodukt und vielleicht aus diesem entstanden; wenigstens findet er sich immer in Gesellschaft von Serpentin.

Der Meerschaum des Handels kommt so gut wie ausschliesslich aus der Gegend von Eskischehir in Kleinasien, wo er auf recht primitive Weise von den Bewohnern der türkischen Dörfer gewonnen wird. Einen wichtigen Teil des jetzigen Produktionsgebietes bilden nach Mitteilungen von K. E. Weiss die Gruben von Sarysu und Sepetschi, die zwischen 20 und 30 km östlicher Entfernung von Eskischehir am Fusse von Hügelketten an den Rändern eines weiten Tales liegen, das von dem Pursak-Tschaï durchflossen wird. Das meerschaumführende Gestein ist ein mildes tuffartiges Brecciengestein, welches ausser den Meerschaumknollen noch zahlreiche Stückchen von Serpentin und etwas Kalkstein enthält. Die Mehrzahl der Meerschaumknollen ist nicht grösser als ein

mittelmässiger Apfel, nur selten sind sie kopfgross oder grösser. Die Mächtigkeit der meerschaumführenden Schicht schwankt zwischen 3 und 40 m.

Die anderen Fundorte spielen diesem gegenüber keine Rolle; er findet sich noch im Lyubicer Gebirge in Bosnien, bei Hrubschitz in Mähren, immer zusammen mit Serpentin.

Die grösste Meerschaumindustrie besteht in Deutschland in Ruhla bei Eisenach; von hier gehen die Zigarrenspitzen und Pfeifenköpfe aus Meerschaum und Bernstein in alle Welt.

Gruppe des Talks.

Talk. Wie andere Mineralien sich durch ihre hohe Härte, so zeichnet sich Talk durch seine geringe Härte aus, er ist das weichste von allen Mineralien oder jedenfalls eines der weichsten. Darum fühlt er sich fettig an, kann mit dem Fingernagel leicht geritzt werden und ist sehr mild. Grossblättrige Massen sind nach einer Richtung leicht spaltbar und dünne Blättchen lassen sich leicht umbiegen, ohne wieder zurückzuschnellen, darum sind die abgeblätterten Schuppen am Rande so leicht umgebogen; auf der Spaltfläche herrscht Perlmutterglanz. Kristalle von Talk sind nicht bekannt, sondern nur blättrige (Tafel 69, 13), schuppige und dichte Massen, die ein spezifisches Gewicht von ungefähr 2,7 besitzen. Talk ist weiss, gelblich oder besonders häufig hellgrün, um so heller, je dünner die Blättchen sind; darum erscheinen die Stellen, an denen Talk etwas aufgeblättert ist, weiss, wenn er auch sonst grün gefärbt ist; an dem abgebildeten Stück ist dies deutlich zu sehen.

Dünne Spaltblättchen sind durchsichtig und erweisen sich im konvergenten polarisierten Licht als optisch zweiachsig; da Talk in allen diesen Eigenschaften mit Glimmer und Chlorit so grosse Aehnlichkeit hat, gehört er wahrscheinlich gleichfalls ins monokline System.

In seiner chemischen Zusammensetzung ist Talk mit Serpentin insofern verwandt, als er dieselben Stoffe wie dieser enthält, nur im Verhältnis zu Magnesia mehr Kieselsäure und weniger Wasser, seine Formel ist $H_2Mg_3Si_4O_{12}$, der $63{,}52\,\%$ Kieselsäure, $31{,}72\,\%$ Magnesia und $4{,}76\,\%$ Wasser entsprechen; ein Teil der Magnesia, aber auffallend wenig (bis $2\,\%$) ist auch hier durch Eisenoxydul ersetzt. Talk ist sicher, ebenso wie Serpentin, aus anderen Magnesiasilikaten hervorgegangen und immer eine Neubildung. Dementsprechend findet er sich oft mit Serpentin und Chlorit zusammen und von andern Mineralien (Magnesit, Dolomit, Magneteisen, Strahlstein) begleitet, die gewissermassen als Nebenprodukte mit ihm zusammen entstanden sind. Für sich allein bildet er den *Talkschiefer*, mit Chlorit mehr oder weniger stark vermengt, den feinschuppigen und dichten *Topfstein*.

So kommt Talk im Zillertal in *Tirol* (Tafel 69, 13), in Rauris und im Pongau in *Salzburg*, bei Mautern in *Steiermark*, im Gebiet des St. Gotthard in der *Schweiz*, im *Ural* und überhaupt in den kristallinischen Schiefern der Gebirge verbreitet vor.

Verwendung. Gepulverter Talk wird wegen seiner geringen Härte und Schmiegsamkeit als Schminke, zum Glätten von Tanzböden, als Wagenschmiere gebraucht; aus Topfstein werden feuerfeste Töpfe gedreht und haltbare Ofenplatten hergestellt. In früherer Zeit ist Talk als Arzneimittel verwendet worden.

Speckstein. Ein dichter, weisser, schwach gelblicher oder grauer, bisweilen marmorierter Talk ist Speckstein oder Steatit genannt worden. Er hat rauhen Bruch, wird durch Politur glatt, fühlt sich fettig an und ist im ganzen ein recht unscheinbares Mineral. Eigene Kristalle bildet er nie, wohl aber findet er sich in Formen, die andere Mineralien geschaffen hatten, und erweckt durch diese Pseudomorphosenbildung unser

Interesse, um so mehr, als er den sonst so dauerhaften Quarz verdrängt und seine Form ausfüllt. Die sechsseitigen Pyramiden, welche mit ihren Spitzen aus dem dichten Speckstein in Figur 11 der Tafel 69 hervorragen, sind die gleichen, wie die, welche wir auf Tafel 52 an Quarz kennen gelernt haben, ihre Masse aber ist weich, matt und trüb und besteht nicht mehr aus Quarz sondern aus Speckstein; was wir hier sehen, sind Pseudomorphosen von Speckstein nach Quarz. Aber Quarz ist nicht das einzige Mineral, das dem Speckstein hat weichen müssen, dem mit ihm zusammen vorkommenden Dolomit ist es ebenso gegangen und seine oft sattelförmig gekrümmten Rhomboeder (Tafel 75, 10) bestehen nun aus Speckstein.

In dieser Beschaffenheit findet sich Speckstein in einem Lager bei Göpfersgrün unfern Wunsiedel im Fichtelgebirge. Das Lager bestand ursprünglich und besteht jetzt noch teilweise aus Kalkstein, der an Granit angrenzt. In der Nähe von Granit ist der Kalkstein völlig in Speckstein umgewandelt, je weiter davon entfernt, um so weniger, und die Umwandlung ist sicher durch magnesiahaltige Lösungen herbeigeführt worden.

Verwendung. Speckstein ist das beste Material für Gasbrenner, er eignet sich hierzu, weil er hohe Temperatur verträgt, ohne zu springen oder zu schmelzen, weil er sich leicht formen und schneiden lässt und weil ihm durch Brennen die gewünschte Härte gegeben werden kann. Die jährliche Produktion im Fichtelgebirge beträgt ungefähr 50 000 Zentner im Werte von 290 000 Mark. Im Griqualand vorkommender Speckstein wird von den Eingeborenen zu Pfeifenköpfen verarbeitet.

Agalmatolith. In China werden Götterbilder und Figuren (Tafel 69, 12) aus dichten und weichen Mineralien geschnitten, die man in der Regel unter dem Sammelnamen Agalmatolith oder Bildstein zusammenfasst. Dies ist auch vollständig genügend, wenn es sich darum handelt, den Zweck hervorzuheben, dem das Mineral dient, auf die chemische Natur des Stoffes kommt es hierbei weniger an. So werden als Asbest die feinfaserigen Mineralien bezeichnet, die zu Gespinsten geeignet und unverbrennbar sind, so als Agalmatolith die, aus welchen jene chinesischen Bildwerke geschnitzt werden. Wir wissen, dass zu Asbest nach ihrer chemischen Zusammensetzung verschiedene Mineralien gehören, und so ist es auch mit Agalmatolith. Ein Teil gehört zu Pyrophyllit, einem dem Kaolin nahe stehenden wasserhaltigen Tonerdesilikat, ein anderer Teil gehört zu Speckstein, andere wieder sollen die Zusammensetzung von Kaliglimmer haben; alle haben gemein die dichte Beschaffenheit und geringe Härte, mit der sich eine gewisse Festigkeit paart, durch die sie erst für die Bearbeitung geeignet werden. Uns kommt es nicht darauf an, festzustellen, ob zu einer Figur Agalmatolith von dieser oder jener Zusammensetzung benutzt sei, ob dieses oder jenes Mineral vorliege, sondern wir können uns mit jenem Sammelnamen begnügen und das Material jener Bildwerke Agalmatolith nennen; es wird ja auch in diesem Namen nicht der Stoff, sondern seine Verwendung ausgedrückt, ebenso wie mit noch engerer Beziehung auf die Verwendung durch den Namen Pagodit, weil kleine Statuen chinesischer Götter, Pagoden, besonders oft daraus gebildet werden.

Die Farbe ist grau, oft rötlichgrau mit entschieden rot gefärbten Stellen, so bei der auf Tafel 69 abgebildeten Figur, bald grünlichgrau mit entschieden grünen Stellen. In den Bildwerken wird diese verschiedene Färbung oft sehr geschickt ausgenutzt.

Ueber die Art des Vorkommens und die Fundorte in China ist nichts weiter bekannt, wir wissen ja überhaupt nur wenig über das Vorkommen von Mineralien in dem riesigen China.

Cordierit oder Dichroit.

In manchem Gneiss findet man gelbliche und bläuliche, glasglänzende, durchscheinende oder durchsichtige Körner, die man auf den ersten Blick vielleicht für Quarz halten könnte; bei näherem Zusehen findet man, dass dasselbe Korn bald bläulich, bald gelblich erscheint, je nach der Richtung, in der man es betrachtet, dass also das Mineral dichroitisch ist, was bei dem gesteinsbildenden Quarz niemals der Fall ist. Wegen dieses auffallend starken Dichroismus hat das Mineral den einen Namen Dichroit bekommen, den andern führt es nach Cordier, welcher es zuerst als dichroitisch erkannt hat. Besser als in diesen in Gestein eingewachsenen Körnern erkennt man den Dichroismus an den von Ceylon kommenden abgerollten Geschieben, die je nach der Richtung, in der man hindurchsieht, dunkelblau, hellblau oder gelb erscheinen. Mit der dichroskopischen Lupe wird man immer zwei von diesen Farben nebeneinander sehen. Die Lichtbrechung ist gering, der mittlere Brechungsexponent ist 1,54, die Doppelbrechung ist schwach, die Härte ist ungefähr gleich 7, das spezifische Gewicht ist 2,6; in allen diesen Eigenschaften steht das Mineral dem Quarz sehr nahe und doch ist es mit ihm auch nicht im geringsten Grade verwandt.

Seine Kristalle (Tafel 69, 10) sind gedrungen säulenförmig mit grosser, zu der Säule senkrechter Endfläche, ihre Flächen sind meist rauh, die Kanten unscharf, gute Kristalle sind recht selten. An ihnen ist festgestellt, dass sie dem rhombischen System angehören, wenn sie auch oft hexagonalen Formen sehr ähnlich sehen. Dies liegt daran, dass die Flächen des rhombischen Prismas unter einem Winkel von 119° 10′ zusammenstossen und mit dem Prisma das seitliche Pinakoid vereinigt ist. An dem auf der Tafel 69 in Figur 10 abgebildeten Kristall treten noch andere Prismenflächen auf, die Flächen sind hierdurch stark vertikal gerieft, das Ende ist durch die grosse rauhe Basis begrenzt.

Cordierit besteht in der Hauptsache aus Kieselsäure (51,36 %), Tonerde (34,96 %) und Magnesia (13,68 %) und enthält, wie die meisten Magnesiasilikate, ausserdem wechselnde Mengen von Eisenoxydul und etwas Wasser; das letztere ist wohl die Folge von beginnender Verwitterung, der Cordierit sehr leicht unterworfen ist und die schliesslich zur Umwandlung in Kaliglimmer führt. Solcher in Verwitterung begriffener Cordierit hat viele verschiedene Namen (Pinit, Gigantolith, Fahlunit, Aspasiolith u. a.) bekommen, weil man früher geglaubt hat, es seien selbständige Mineralien oder wenigstens nicht gewusst hat, zu welchem Mineral sie gehören. Die Formel für frischen und reinen Cordierit ist noch nicht genau festgestellt, die oben in Klammern beigefügten Zahlen sind die Werte für die Formel $Mg_2Al_4Si_5O_{18}$.

Im Dünnschliff wird Cordierit farblos durchsichtig und ist leicht mit Quarz zu verwechseln, besonders da sein Dichroismus kaum mehr wahrnehmbar ist. Als Merkmal kann gelten, dass er meist von einem faserigen Mineral, Sillimanit, begleitet ist, von Rissen aus trüb wird und in ein feinfaseriges Aggregat übergeht, während Quarz im Gestein immer völlig frisch ist. Recht charakteristisch für Cordierit ist, dass um einzelne Punkte herum beim Drehen des Dünnschliffs auf dem Objekttisch gelbe Höfe auftreten, die bei weiterem Drehen wieder verschwinden; um diese dichroitischen Höfe zu beobachten, muss man das obere Nicolsche Prisma ausschalten, wie wenn man überhaupt ein Mineral auf Dichroismus unter dem Mikroskop prüfen will (Seite 57).

So wie hier beschrieben, tritt Cordierit als Gemengteil von manchem Gneiss auf und, offenbar daraus frei geworden, in Geschieben; bisweilen auch in Kieslagern, die an Gneiss gebunden sind. So findet er sich in Körnern als Gemengteil von Cordieritgneiss bei Bodenmais im Bayrischen Wald, in Kristallen, begleitet von dem graugrünen Feld-

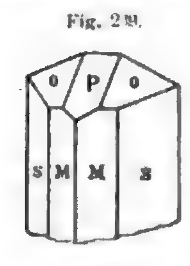
spat (Tafel 61, 7), in Magnetkies am Silberberg bei Bodenmais. Der auf unserer Tafel abgebildete grosse Kristall stammt von der Kupfergrube Orijärvi in Finnland, wo er zusammen mit Kupferkies und Schwefelkies vorkommt, ein wenig Kies haftet noch an dem Kristall. Andere Fundorte sind Cabo de Gata in Spanien, Krageröe, Arendal und Tvedestrand in Norwegen, Haddam in Connecticut und für glatte abgerollte Geschiebe die Insel Ceylon.

Verwendung. Die durchsichtigen blauen Geschiebe werden als Edelstein geschliffen, wobei darauf zu achten ist, dass die blaue Farbe möglichst zur Geltung kommt. Wegen der Farbe heissen sie als Edelstein Saphir und zum Unterschied gegen den echten Saphir Wassersaphir, wenn sie hellblau, Luchssaphir, wenn sie dunkelblau sind. Von echtem Saphir sind sie leicht zu unterscheiden, da sie viel leichter und weicher sind als dieser, auch besitzen sie bei weitem nicht den lebhaften Glanz des echten Saphir und sind viel stärker dichroitisch.

Liëvrit.

Das letzte Mineral, das wir in diesem Abschnitt besprechen wollen, gehört nicht mehr zu den gesteinsbildenden Mineralien, ist überhaupt ziemlich selten, kommt aber doch in recht schönen Kristallen vor und darum wollen wir es nicht ganz übergehen. Wir sehen einen Kristall von Liëvrit in Figur 9 der Tafel 69, er gehört in das rhombische System und ist (Textfigur 239) von zwei Vertikalprismen begrenzt, durch deren Zusammentreten die Säulenflächen vertikal gestreift sind; als Endbegrenzung tritt eine rhombische Pyramide auf, deren vordere Kante durch eine Makrodomenfläche abgestumpft ist, andere sehr kleine Flächen haben für uns keine weitere Bedeutung. Die genannten Flächen erhalten die Naumannschen Zeichen $M = \infty P$, $s = \infty \breve{P}2$, $o = P$ und $p = \bar{P}\infty$.

Fig. 239.



Liëvrit.

Die Kristalle sind bräunlich- oder grünlichschwarz, und besitzen, solange sie frisch sind, sehr lebhaften Glanz. Durch beginnende Verwitterung werden sie matt und braun, weil sie sich in Brauneisenstein umwandeln.

Dies lässt auf einen hohen Eisengehalt schliessen und in der Tat ist Liëvrit von allen hier betrachteten Silikaten das eisenreichste und zugleich das an Kieselsäure ärmste; seine wesentlichen Bestandteile sind Kieselsäure, Eisenoxyd, Eisenoxydul und Kalk, daneben enthält er etwas Mangan und Wasser. Nach einer Analyse von Städeler enthält der Liëvrit von Elba 29,34 % Kieselsäure, 20,84 % Eisenoxyd, 34,12 % Eisenoxydul, 12,78 % Kalk, 2,43 % Wasser und 1,01 % Manganoxydul, seine hieraus berechnete Formel ist $H_2Ca_2Fe_4Fe_2Si_4O_{18}$. Vor dem Lötrohr schmilzt er leicht zu einer schwarzen Kugel, die durch den hohen Eisengehalt magnetisch ist. Das spezifische Gewicht ist 3,9—4,1.

Die besten Liëvritkristalle sind bei Rio marina auf der Insel Elba gefunden worden, wo sie auf der Eisenlagerstätte lokal an Stelle von Eisenglanz getreten sind. Das Vorkommen ist durch den rühmlichst bekannten Reisenden und eifrigen Sammler Rüppell ausgebeutet worden und die schönsten Kristalle sind durch ihn in das Senckenbergsche Museum in Frankfurt a. M. gelangt, dem auch der in Figur 9 auf Tafel 69 abgebildete gute Kristall gehört.

Strahlige und derbe Massen von Liëvrit mit kleinen und dünnen Kriställchen sind in der Gegend von Herborn in Nassau vorgekommen, die andern Fundorte spielen diesen beiden gegenüber keine Rolle.

Digitized by Google

Mineralsalze.

Allgemeines.

Unter den Mineralien, die wir bisher kennen gelernt haben, sind schon viele, die der Chemiker, aber keins, das der Laie Salz nennt, keins, das salzig schmeckt und keins (mit Ausnahme von Kupfervitriol, Seite 103), das in Wasser leicht oder merkbar löslich und durch den Geschmack als Salz zu erkennen wäre. Im folgenden werden wir uns mit diesen bekannt machen. Wir beginnen mit dem Salz der Salze, dem unentbehrlichen Kochsalz, schliessen die durch ihren Kaligehalt als Düngemittel so wichtig gewordenen Abraumsalze und diesen die Salpeter an und lassen darauf das Kalksalz folgen, aus dessen Stoff die Muscheln ihre Schalen, die Wirbeltiere ihre Knochen bilden. Ihnen schliessen sich andere an, die mit ihnen verwandt sind, weniger im Haushalte der Natur eine Rolle spielen, als für die Technik in irgend einer Hinsicht Bedeutung haben und den Schluss dieser Salze bildet der Apatit, der Träger der für Pflanzen und Tiere unentbehrlichen Phosphorsäure. Als Anhang bringen wir ein Produkt von Pflanzen, den Bernstein und den Honigstein.

Sehen wir von diesen letzten ab, so können wir die Mineralien dieses Kapitels als die Nährstoffe bezeichnen, aus denen Pflanzen und Tiere ihren Körper aufbauen, und als die Rohprodukte, aus denen die chemische Grossindustrie direkt und indirekt die mannigfachen Verbindungen herstellt, die wir im Leben nicht mehr entbehren können.

Für einen Mineralogen, der die Kristallform am höchsten schätzt, bieten viele von den zunächst zu beschreibenden Mineralien nur geringes oder gar kein Interesse, weil sie nur unscheinbare körnige Massen bilden, deren Beschreibung kurz erledigt werden kann, für den aber, der danach fragt, was für eine Rolle ein Mineral in der Industrie, in der Landwirtschaft oder sonst im Leben spielt, gehören gerade diese unscheinbaren Salze zu den wichtigsten Mineralien und wir gewähren ihnen hier daher grösseren Raum, als ihnen in den Lehrbüchern der Mineralogie zugestanden wird.

Wenn wir nur überblicken, wozu das Steinsalz und die Kalisalze verarbeitet und benutzt werden, so bekommen wir schon eine, wenn auch nur schwache Vorstellung von dem grossartigen Betrieb der chemischen Industrie, die aus geringwertigen Rohstoffen durch Arbeit und Intelligenz, musterhafte Organisation und sorgfältige Rechnung Werte schafft, die dem Lande höheren Nutzen bringen, als der reichste im Boden geborgene Goldschatz.

Die grossen für die Wissenschaft und das Leben erzielten Erfolge spornen zu immer neuer wissenschaftlicher Arbeit an und durch diese wird die Kulturstufe des Volkes gehoben und der Nationalwohlstand vermehrt. Landwirtschaft und Industrie stehen sich nicht, wie man so oft hört, feindlich gegenüber, die Industrie bietet der Landwirtschaft die unentbehrlich gewordenen Düngemittel und die Maschinen zur Bearbeitung des

Digitized by Google

Bodens und seiner Produkte, und die Landwirtschaft sollte sich die straffe Organisation der Arbeit in der chemischen Industrie, die Ausnutzung der Rohprodukte zum Muster nehmen, wenn sie dem Boden die Früchte abgewinnen will, die er tragen könnte. Das Land, in dem die chemische Grossindustrie und die Landwirtschaft in der gleichen Weise blüht, wird den Weltmarkt erobern.

Steinsalz.

Wenn wir im gewöhnlichen Leben von Salz sprechen, so verstehen wir hierunter das weisse, körnige Pulver, mit dem wir unsere Speisen würzen und das wir von dem Kaufmann beziehen, ohne viel danach zu fragen, wo es eigentlich herkommt. Es ist das einzige Mineral, das wir so wie die Natur es liefert, geniessen, und diesen Stein, der gepulvert unser Salz gibt, nennen wir Steinsalz.

Sein angenehmer salziger Geschmack ist immer ein gutes Merkmal, er bietet deren aber noch andere, die den Mineralogen mehr interessieren. Die grossspätigen klaren Stücke, die das Bergwerk liefert, besitzen so vollkommene Spaltbarkeit nach drei aufeinander senkrechten Richtungen, dass man mit Leichtigkeit ebenflächige Spaltungsstücke herstellen kann, schon durch einen Schlag mit dem Hammer zerfällt das spätige Stück in viele kleine regelmässige Spaltungsstücke. Wir sehen leicht, dass die Spaltungsflächen alle einander gleich sind, weil nach der einen Richtung die Spaltung so leicht erfolgt wie nach der andern, die Spaltungsstückchen sind demnach Würfel, und Steinsalz gehört in das reguläre System.

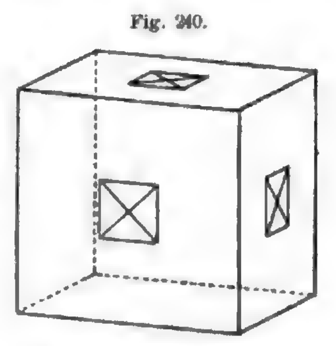
Gute natürliche Kristalle von Steinsalz sind nicht gerade sehr häufig. Einen einfachen, durch Kristallisation und nicht durch Spaltung erzeugten Würfel sehen wir in Figur 1 der Tafel 70, die feinen Risse gehen den Würfelflächen parallel und zeigen uns die Spaltbarkeit an. Alle anderen Formen sind selten. Kleine Oktaeder (Tafel 70, 3) kommen in Carnallit eingewachsen vor, an Steinsalz, das man aus Urin hat kristallisieren lassen, hat man Achtundvierzigflächner beobachtet, aber das sind doch immer nur Ausnahmen, die charakteristische Kristallform für Steinsalz ist der Würfel. In der Hauptsache aber kommt es in grossspätigen oder körnigen, oft von Gips- und Anhydritschnüren durchzogenen Massen vor; da, wo es sich auf Spalten abgeschieden hat, bildet es parallelfaserige Aggregate (Tafel 70, 2), deren Faserrichtung ungefähr senkrecht ist zu der Wand. Mit Ton gemengt bildet es den Salzton.

An dem würfeligen Spaltungsstück von blauem Steinsalz, das wir in Figur 4 auf Tafel 70 abgebildet haben, sehen wir rechts oben eine Fläche diagonal durch das Stück hindurchsetzen, die senkrecht zu der im Bild vorderen Würfelfläche ist, ihrer Lage nach also eine Fläche des Rhombendodekaeders ist. Wie sollen wir das Auftreten dieser einen grossen Fläche erklären? Es ist keine natürliche Kristallfläche, sondern eine spätere Trennungsfläche und durch eine Pressung entstanden, die das Salz im Innern der Erde erfahren hat, wir können sie leicht künstlich durch Pressung hervorrufen. Zu dem Zweck spannt man ein klares Spaltungsstück diagonal in einen Schraubstock so, dass zwei Würfelkanten den beiden Backen des Schraubstocks anliegen und zieht nun die Schraube an; es zerfällt dann in zwei Hälften, die diagonal nach einer Fläche des Rhombendodekaeders auseinanderbrechen. Wir sehen ein Stück mit einer solchen künstlichen Trennungsfläche in Figur 5 der Tafel 70, die Fläche ist gestreift, setzt diagonal zu der vorderen Würfelfläche ein und ist senkrecht zu ihr, hat also die Lage einer Rhombendodekaederfläche. Die Trennung kommt dadurch zustande, dass die eine Hälfte gegen die andere durch den Druck abgleitet,

eine so entstandene Fläche wird daher Gleitfläche genannt. Vergeblich wäre der Versuch, sie etwa durch Spaltung zu erzeugen; wenn man ein Messer auf eine Würfelfläche in der Richtung einer Diagonale aufsetzt und einen kurzen Schlag ausführt, so wird das Steinsalz nach den Würfelflächen spalten, nicht aber nach den Gleitflächen sich trennen, diese entstehen nur durch Pressung. Dagegen kann man durch einen sehr einfachen anderen Versuch feststellen, ob ein Mineral, hier also Steinsalz, Gleitflächen besitzt; man setzt auf die Fläche eine nicht zu scharfe Spitze — ein Nagel genügt schon in vielen Fällen, sonst ein kleiner Stahlstift mit gerundeter Spitze — und führt mit einem kleinen Hammer einen kurzen elastischen Schlag aus; es entstehen dann rings um die Aufsatzstelle zwei scharfe diagonal verlaufende Risse, die senkrecht zur Würfelfläche einsetzen und die Richtung der Gleitflächen uns anzeigen. Da die geeignete Stahlspitze eine solche ist, wie sie die Körner der Metallarbeiter benutzen, so wird diese Probe die Körnerprobe, die durch den Schlag erzeugte Figur wird Schlagfigur genannt. Wir haben uns ihrer schon einmal bedient, um uns an Glimmerblättchen zu orientieren.

Steinsalz, das feuchter Luft ausgesetzt ist, zieht Wasser an, besonders wenn es Chlormagnesium beigemischt enthält; der feine Wasserhauch schlägt sich auf der Oberfläche nieder und löst ein wenig vom Steinsalz auf. Hierdurch entstehen kleine, oft dicht gedrängt aneinander liegende Aetzfiguren, die mit vier Flächen in die Würfelflächen eingesenkt sind (Figur 240) und aus ihrer Form und Lage mit aller Sicherheit erkennen lassen, dass Steinsalz in die vollflächige Abteilung des regulären Systems gehört; sie gehören flachen Pyramidenwürfeln an und erzeugen oft dadurch, dass sie an den Kanten dicht gedrängt liegen, eine Zuschärfung dieser, sodass solches Steinsalz die Kombination von Würfel mit Pyramidenwürfel (wie Textfigur 28) darstellt, die Form hat aber Steinsalz nicht ursprünglich so gebaut, sondern sie ist erst nachträglich durch Aetzung entstanden.

Fig. 240.



Aetzfiguren auf Steinsalz.

Steinsalz besteht aus 60,6 % Chlor und 39,4 % Natrium und seine Zusammensetzung wird durch die Formel NaCl ausgedrückt, der Chemiker nennt es Chlornatrium oder Natriumchlorid. An der farblosen Flamme schmilzt es leicht (bei 775°) und färbt diese gelb, ein gutes Unterscheidungsmerkmal gegen den sonst so ähnlichen Sylvin, der die Flamme violett färbt. Die von Chlornatrium erzeugte gelbe Flamme enthält keine anderen Lichtarten und wird daher benutzt, um Brechungsexponenten in homogenem Licht zu bestimmen oder andere optische Erscheinungen in solchem Licht zu beobachten; so sind z. B. alle die auf Tafel 4 abgebildeten Interferenzerscheinungen in Natriumlicht photographisch aufgenommen, weil sie da viel schärfer werden als in weissem Licht. Um Natriumlicht zu erzeugen, schmilzt man etwas Steinsalz in einem Platinlöffelchen und bringt dies an einem kleinen Stativ in die farblose Flamme eines Bunsenbrenners, oder noch einfacher, man schneidet in Asbestpappe ein rundes Loch, dessen Durchmesser der Flammenstärke entspricht, streut rings herum gepulvertes Steinsalz oder Speisesalz und bringt dieses so in die Flamme, dass diese durch das Loch streicht; das Steinsalz schmilzt, zieht sich in die Asbestpappe und färbt die Flamme gelb.

Durch seinen Geschmack verrät das Salz schon, dass es in Wasser löslich ist; in der Tat gehört es zu den am leichtesten löslichen Mineralien. 100 Teile Wasser vermögen 36 Teile Salz aufzulösen. Im Gegensatz zu vielen andern Substanzen wird die Löslichkeit von Steinsalz durch die Temperatur nur wenig beeinflusst, eine siedende Lösung enthält in 100 Teilen Wasser nicht mehr als 39 Teile Salz.

Digitized by Google

Bekannt ist es, dass wenn Salz auf Schnee gestreut wird, dieser schneller schmilzt als der andere, bekannt auch, dass durch eine Mischung von Eis und Salz hohe Kältegrade erzielt werden können, durch eine Mischung von 3 Teilen Eis mit einem Teil Salz eine Temperatur von -18^{0} C.; eine solche Kältemischung benutzt man, um süsse Speisen als Eis herzurichten. Diese auffallende Temperaturerniedrigung rührt daher, dass salzhaltiges Wasser erst unter 0^{0} friert, das mit Salz bestreute Eis daher auch unter 0^{0} auftaut, die Temperatur geht bis auf den weit unter 0^{0} liegenden Gefrierpunkt der Lösung oder die Tautemperatur des Salzeises herunter und kann bei der angegebenen Mischung mit Salz bis auf -18^{0} sinken. Mit anderem Salz lassen sich noch tiefere Temperaturen erzielen, z. B. mit einem Gemenge von kristallisiertem Chlorcalcium und Eis eine Temperatur von -37^{0}.

Als reguläres Mineral ist Steinsalz einfachbrechend und die klaren Spaltungsstücke sind ein gutes Material, um sich hiervon zu überzeugen, sie bleiben im Polarisationsapparat bei gekreuzten Nicols in jeder Lage und Richtung dunkel. Wenn ein Stück hier und da ganz schwache Doppelbrechung erkennen lässt, so kann man sicher sein, dass es gepresst war, es bleibt da leicht eine geringe Störung zurück. Das Lichtbrechungsvermögen ist gering, der Brechungsexponent beträgt für Natriumlicht 1,5442. Die klaren Spaltungsstücke sind vollkommen durchsichtig und lassen wie die Lichtstrahlen, so auch die Wärmestrahlen sehr vollständig hindurch; Steinsalz ist in hohem Grade diatherman. Unter dem nicht farblosen Steinsalz nimmt das blaue (Tafel 70, 4) unser besonderes Interesse in Anspruch; die Farbe ist bald tief dunkelblau, bald hellblau, meist ungleich in demselben Stück, den färbenden Stoff kennt man mit Sicherheit noch nicht, er entzieht sich der chemischen Analyse. Durch Versuche hat man festgestellt, dass farbloses Steinsalz durch Kathodenstrahlen, elektrische Entladung oder durch Glühen in Natriumdampf blau werden kann, und hat daraus geschlossen, dass sich aus ihm eine neue Verbindung, Natriumsubchlorid Na_2Cl bilde, welches blaue Farbe besitze.

Andere Farbe als die blaue wird durch mechanische Einschlüsse erzeugt, die als Bodensatz zurückbleiben, wenn man das Salz in Wasser auflöst; so ist Steinsalz rot durch Eisenoxyd, grau durch Ton oder Anhydrit und braun durch organische Substanz. Durch diese fein verteilten Einschlüsse wird das Steinsalz trüb und undurchsichtig. Meist sind die Einschlüsse regellos im Salz verteilt, bisweilen aber auch ganz regelmässig angeordnet. Ein ausgezeichnetes Beispiel hierfür sehen wir in Figur 6 der Tafel 70, das ein Spaltungsstück von Steinsalz vorstellt, in dem unreines Petroleum eingeschlossen ist, in den hellbraunen Schichten nur wenig, in den dunkelbraunen viel, und es wird hierdurch ein Schichtenbau erzeugt, wie man ihn regelmässiger und ausgeprägter kaum je beobachtet hat. Aus diesem Grund, nicht etwa weil ein solcher Schichtenbau bei Steinsalz häufig wäre, er ist im Gegenteil recht selten, haben wir dies Stück hier abgebildet. Wir sehen, dass während des Wachsens auch die Form sich manchmal geändert hat, die Kanten stossen bald unter einem rechten Winkel zusammen, bald ist die Ecke durch eine schmale Seite abgestumpft, eine Erscheinung, die wir auch bei Schwerspat (Tafel 76, 2) sehen. Salz und Petroleum, die in diesem Stück vereinigt sind, kommen in der Natur oft zusammen vor und es wird angenommen, dass das Salz bei der Entstehung des Petroleums eine gewisse Rolle gespielt habe.

Von anderen Einschlüssen sind solche von farbloser Flüssigkeit und Gasen bei Steinsalz recht häufig. Die Flüssigkeitseinschlüsse sind bisweilen recht gross und an dem beweglichen, beim Hin- und Herneigen immer wieder aufsteigenden Bläschen leicht zu erkennen; die Flüssigkeit ist Salzlauge, die Wände des Hohlraums, welche sie ausfüllt, gehen den Würfelflächen genau parallel, sind bald lang gestreckt rechteckig, bald quadratisch. Die Gase bestehen zum grössten Teil aus Kohlenwasserstoff, sind unter dem-

selben Druck eingeschlossen, unter dem das Steinsalz sich gebildet hat und der bisweilen sicher recht beträchtlich war; man kann dies daraus schliessen, dass die Gase beim Auflösen von Steinsalz mit Gewalt und unter knisterndem Geräusch ihre Wand sprengen; solches Salz hat darum den Namen Knistersalz bekommen. Bei schwachem Glühen zerspringt solches Salz infolge der Ausdehnung der eingeschlossenen Gase sehr heftig, während einschlussfreies Salz bis zum Schmelzen erhitzt werden kann, ohne zu zerspringen.

Das spezifische Gewicht von Steinsalz ist recht gering und beträgt nur 2,15; die Härte ist ein wenig höher als die von Gips.

Der Verwitterung ist Steinsalz nicht unterworfen und doch kommen Pseudomorphosen nach Steinsalz vor, nicht wie andere durch Umwandlung, sondern durch Ausfüllung der Form mit einer fremden Substanz entstanden. So finden wir auf Schichtflächen im Zechstein, bunten Sandstein und Keuper bisweilen würfelige Formen mit eingesenkten Flächen völlig von der Gesteinsmasse ausgefüllt und mit dieser verwachsen. Wir können uns vorstellen, dass das Material dieser Gesteine am Strande oder in der Steppe abgelagert war, dass es mit Salz getränkt war und dass beim Eintrocknen dieses kristallisierte. Die Kristalle wurden von Staub oder feinem Schlamm umhüllt, ein Abguss ihrer Form wurde geschaffen, das Salz später wieder gelöst und die Hohlform von feinem, allmählich fest werdendem Schlamm ausgefüllt und so erhalten.

Vorkommen und Entstehung. Gelöstes Chlornatrium ist in den Gewässern der Erde ausserordentlich verbreitet, kaum ein Bach oder ein Fluss, der nicht Chlornatrium, wenigstens in Spuren, enthielte. So gering die Menge ist, so macht sie sich doch bald auffallend bemerkbar, wenn der Fluss in ein abflussloses Becken sich ergiesst und sein Wasser verdunstet; aus seinem scheinbar süssen Wasser wird ein salziger See. Sobald der Salzgehalt einer Quelle ein Prozent übersteigt, macht er sich für den Geschmack schon deutlich bemerkbar, und zahllos sind die Quellen, die soviel oder noch mehr Salz enthalten und zur weiten Verbreitung von Salz auf der Erde wesentlich beitragen. Bedenken wir ferner, dass der salzreiche Ozean bei weitem den grössten Teil der Erdoberfläche bedeckt (das Verhältnis von Land zu Wasser ist 1 : 2,54), so können wir sagen, Salz ist nach Wasser der verbreitetste Mineralstoff auf der Erde.

Dies gilt für das gelöste Salz, nicht aber für unser festes Mineral, das Steinsalz. Auf der Erdoberfläche wird es nur selten gefunden, weil es in Wasser leicht löslich ist und sich nicht hält. Man kennt einen aus reinem, harten Salz bestehenden Berg bei Cardona in Spanien, an dem schon zu der Römerzeit Salz gebrochen wurde, ferner am Ilekflusse im russischen Gouvernement Orenburg und an einzelnen Stellen in Siebenbürgen. Recht verbreitet dagegen ist es im Innern der Erde, wie wir aus den von Salzlagern gespeisten Solquellen schliessen und wie zahlreiche niedergebrachte Bohrlöcher beweisen. In vielen, oft ausgedehnten Bergwerken wird es gewonnen, die Art seines Vorkommens ist uns hierdurch genau bekannt.

Steinsalz findet sich vorzugsweise in mächtigen, von Gips und Anhydrit begleiteten Lagern und Stöcken, die den Sedimenten eingeschaltet und durch eine Decke von Gips oder Ton gegen das Eindringen von Wasser geschützt sind. Die Ablagerungen von Steinsalz sind auf keine bestimmte Formation beschränkt, sie verteilen sich vielmehr auf die ganze sedimentäre Schichtenreihe, wie dies aus der folgenden Uebersicht* hervorgeht:

Formation	Lokalität
Bildungen der Jetztzeit	Wüstensalz (Steppensalz), z. B. der Kirgisensteppe, in Arabien, in Südamerika.
	Seesalz am Toten Meer, am Grossen Salzsee (Utah), am Kasp. Meer.

* Entnommen aus H. Credner, Elemente der Geologie, 9. Aufl. 1902. S. 197.

Formation	Lokalität
Tertiär	Lagerstätten von Cardona in Catalonien, Wieliczka, Bochnia und Kalusz in Galizien — in Siebenbürgen, Kleinasien und Armenien —, von Rimini in Italien, in Louisiana.
Kreide	Westfälische Solquellen (Unna). Algier (südlich von Medeah).
Jura	Sole von Rodenburg am Deister. — Bex im Kanton Waadt.
Keuper	Salzderhelden, Celle, Lothringen, Hall in Tirol, Hallein, Berchtesgaden, Ischl, Hallstatt, Aussee, Cheshire.
Muschelkalk	Am oberen Neckar und Kocher (Württemberg), Ernsthall, Erfurt und Stotternheim (Thüringen).
Buntsandstein . . .	Schöningen bei Braunschweig, Arnshall bei Arnstadt.
Perm (Zechstein) . .	Bei Gera, Artern (Thüringen), Stassfurt, Egeln, Vienenburg, Halle, Sperenberg; Segeberg (Holstein); Inowrazlaw; am Ilakflusse.
Steinkohlenformation .	Am Kanwha und New River (West-Virginia), im englischen Steinkohlengebirge von Durham, Bristol etc.
Devon	Bei Winchell in Michigan, baltische Provinzen, China.
Silur	West-Virginia; bei Salina und Syracuse im Staate New York, bei Saginaw in Michigan, Provinz Ontario in Canada, Salt Range in Indien.

Wenn Steinsalz somit auch in allen Formationen vorkommt und in jeder Erdperiode sich gebildet hat, so sind doch in einem enger begrenzten Gebiet bestimmte Formationen vor andern durch die Häufigkeit und Mächtigkeit der in ihnen enthaltenen Steinsalzlager in unverkennbarer Weise ausgezeichnet und es ist daraus zu schliessen, dass die geologischen und klimatischen Verhältnisse in diesen Erdperioden und diesem Gebiet für Steinsalzbildung günstiger waren als in den andern. Solche bevorzugte Formationen sind in Europa der Zechstein, dem die meisten Salzlager Nord- und Mitteldeutschlands angehören (siehe die Tabelle), der Muschelkalk, dem die Salzlager Süddeutschlands, der Keuper, dem die Salzlager des Salzkammerguts, und das Tertiär, dem die Salzlager von Galizien, Rumänien und Spanien angehören.

In den Steinsalzlagern wird die unterste Schicht regelmässig von Gips gebildet, darauf folgen, miteinander abwechselnd, dicke Lagen von Steinsalz und schmale Schnüre von Anhydrit, die zusammen bei Sperenberg unweit Berlin eine Mächtigkeit von 1200 m, bei Wieliczka stellenweise über 1400 m erreichen. Den Abschluss bildet eine Decke von Anhydrit, Gips oder Ton. Anhydrit und Gips sind beide, wie wir später noch sehen werden, schwefelsaures Calcium, der Anhydrit ist wasserfrei, Gips wasserhaltig und oft aus Anhydrit durch Aufnahme von Wasser entstanden. Dies gilt namentlich auch für den Gips, der an Stelle von Anhydrit die Decke der Salzlager bildet, und die Umwandlung hat für die Erhaltung der Salzlager eine gewisse Bedeutung. Mit der Umwandlung, die da vor sich geht, wo Anhydrit mit Wasser in Berührung kommt, also an der Oberfläche des Lagers und auf Spalten, ist eine beträchtliche Volumzunahme verbunden, der in Gips übergehende Anhydrit quillt auf und schliesst hierdurch automatisch die Risse und Spalten, die in der Decke entstanden waren und dem Wasser den Zutritt zu dem Salz gestatteten. In einzelnen Gegenden, so besonders zwischen Harz und Thüringer Wald, liegen über dem eigentlichen Steinsalzlager noch die an leicht löslichen Salzen reichen sogenannten Abraumsalze, die wir nachher kennen lernen werden und durch die ein Salzlager erst vollständig wird. Oft ist die Bildung des Steinsalzlagers nicht so weit vorgeschritten

Digitized by Google

gewesen, dass es zu ihrer Ablagerung hätte kommen können, bisweilen mögen sie vorhanden gewesen sein und nachträglich vollständig oder bis zu einem kleinen Rest wieder aufgelöst und fortgeführt sein.

Das Vorkommen von Steinsalz lässt keinen Zweifel darüber, dass es aus Meerwasser abgeschieden ist; im offenen Ozean aber ist Salzausscheidung nicht möglich, da der Salzgehalt zu gering ist. Das Wasser des offenen Ozeans enthält in 100 Teilen 3,433 Teile Salz gelöst und in 100 Teilen des festen Salzes sind enthalten 75,81 Chlornatrium, 3,62 Chlorkalium, 9,07 Chlormagnesium, 5,58 Magnesiumsulfat, 4,73 Calciumsulfat und 1,19 Bromnatrium. Das Meerwasser ist aber eine so verdünnte Lösung, dass in ihr nicht diese Salze als solche, sondern die Ionen enthalten sind, in die jedes Salz sich in verdünnter wässriger Lösung spaltet und die erst in konzentrierter Lösung sich vereinigen und nach eingetretener Uebersättigung sich ausscheiden. Eine solche Uebersättigung kann aber für Meerwasser nur eintreten, wenn es stark verdunstet, d. h. mit dem Ozean selbst nicht mehr in voller Verbindung steht und die Verdunstung alsdann stärker ist als ein etwaiger Zufluss von süssem Wasser. Wir müssen annehmen, dass, wie heute das Rote Meer und die Reliktenseen von dem Ozean abgetrennt sind, so auch in der Vorzeit kleinere und grössere Meeresbecken und Meerbusen von dem Ozean allmählich abgeschnürt worden sind und dass in ihnen das Wasser mehr und mehr verdunstete. Die in dem Wasser gelösten Bestandteile haben sich nach ihrer Löslichkeit und ihrem Mengenverhältnis ausgeschieden, zuerst das schwer lösliche Calciumsulfat als Gips, darauf das in überwiegender Menge vorhandene Chlornatrium als Steinsalz. In dem weiteren Verlauf hat sich das Calciumsulfat wasserfrei als Anhydrit abgeschieden, weil die in dem Wasser zurückgebliebenen und angereicherten leicht löslichen Kali- und Magnesiasalze das Wasser gierig zurückhalten und bewirken, dass Verbindungen, die sich aus reinem Wasser oder verdünnter Salzlösung mit einem Wassergehalt ausscheiden, aus der konzentrierten Lösung wasserfrei oder wasserärmer ausfallen. Der oft zu beobachtende Wechsel von Steinsalzlagen mit Anhydritschnüren und -bänken mag darauf zurückzuführen sein, dass dem vom Ozean abgeschnürten, aber durch eine schmale Meerenge doch noch mit ihm verbundenen Becken frisches Meerwasser zugeführt wurde, vielleicht mögen auch die durch das Klima bedingten Temperaturschwankungen hierauf einen Einfluss ausgeübt haben. Der Bergmann nennt diese Anhydritschnüre Jahresringe, weil er glaubt, dass jede Anhydritschicht den Steinsalzabsatz eines Jahres begrenzt. Uebrigens treten diese Anhydriteinlagerungen nicht in jedem Steinsalzlager auf.

Zu erwähnen bleibt schliesslich, dass auch an Vulkanen Steinsalz gefunden wird. Es bildet weisse krustenförmige Ueberzüge auf Lava oder lockeres Pulver im Krater und ist zum Teil jedenfalls dadurch entstanden, dass die in den vulkanischen Gasen enthaltene Salzsäure die Gesteine unter Bildung von Chloriden zersetzt hat. Dieser Entstehung entsprechend ist das vulkanische Steinsalz nicht rein, sondern mehr oder weniger mit Chlorkalium und Eisenchlorid gemengt. Es spielt gegenüber dem marinen Steinsalz keine Rolle.

G e w i n n u n g v o n S a l z. An den zutage tretenden Felsen wird das Salz wie Steine in einem Steinbruch gebrochen, in den unterirdischen Lagern wird es durch Bergbau abgebaut oder durch Wasser ausgelaugt und hieraus gewonnen.

Die Salzbergwerke sind die grossartigsten von allen Bergwerken und die berühmtesten unter ihnen sind die von Stassfurt und Wieliczka; niemand, der Gelegenheit hat, ein solches Bergwerk zu besuchen, sollte es versäumen. Ein bequemer Fahrstuhl nimmt uns auf und mit einer etwas unbehaglichen Geschwindigkeit fahren wir 400—700 m senkrecht durch den Schacht in die Tiefe. Nach kurzer Wanderung in dem trocknen Stollen empfangen uns gewaltige domähnliche Hallen, deren Wände, Boden und Decke aus Salz bestehen, ein Kristallpalast in wahrem Sinne des Wortes. Zwischen den einzelnen Hallen, die durch

den Abbau des Salzes entstanden sind, bleiben riesige Pfeiler stehen, damit die Decken nicht einstürzen. Unablässig rollen die mit Salz beladenen Wagen zum Förderschacht, in dem sie zutage gebracht werden und leere Wagen werden zurückgeschoben, bald durch Pferde, die sich in den Teufen sehr wohl befinden und jahrelang aushalten, ehe sie das Tageslicht wieder erblicken, bald durch Elektrizität, die hier allem dienstbar gemacht wird, die Wagen bewegt, den Fahrstuhl und Förderkorb mit ruhiger Sicherheit hebt und senkt und die Arbeitsstellen beleuchtet. Am Schluss unserer Wanderung finden wir den Tisch gedeckt, das Tischtuch ist gepulvertes schneeweisses Salz, die Kerzen stecken in klaren Spaltungsstücken von Steinsalz, Decke und Wände glitzern bei der festlichen Beleuchtung. So sehr uns die salzige Umgebung entzückt, konstatieren wir doch mit Befriedigung, dass der vorgesetzte Trank kein Salzwasser ist und dass ausser Brot und Salz noch anderes uns geboten wird. Wir erinnern uns, dass gemeinsam genossenes Salz seit alters ein Symbol der Treue und Freundschaft ist, »Dies kommt entweder daher, weil man es den Gästen vor andern Speisen reicht, oder weil Dauer und Beständigkeit in dem Begriff der Freundschaft liegt, das Salz aber andern Stoffen eben diese Eigenschaft verleiht,« so sagt Eustathius, den wir freilich zufällig nicht bei uns haben, aber Victor Hehn* hat es uns mitgeteilt. Erst derjenige Freund ist bewährt, mit dem wir einen Scheffel Salz gegessen haben, wer aber die Treue gebrochen hat, der hat das Salz gebrochen. Noch heute wird der Gast bei den slavischen Völkern mit Brot und Salz willkommen geheissen. In Gesprächen über das Salz und mit attischem Salze gewürzt fliesst die Unterhaltung dahin und schnell vergeht die Zeit. Nachdem wir unsere Taschen noch mit schönen, klaren Steinsalzstücken gefüllt haben, wandern wir durch die Stollen wieder zu dem Schacht, der zur Förderung der Belegschaft dient; mit fröhlichem Glückauf werden wir oben empfangen und begrüssen wir selbst das blendende Tageslicht.

Im Salzkammergut und in den angrenzenden Bezirken wird das Salz aus seinen ausgedehnten unterirdischen Lagern durch Auslaugen gewonnen. In das Salzlager werden Stollen getrieben und in diese »Sinkwerke« wird süsses Wasser eingeleitet, das 4 bis 6 Wochen stehen bleibt und sich mit Salz nahezu sättigt. Das viel besuchte »Bergwerk« bei Berchtesgaden enthält solche verlassene, jetzt für die Besucher hergerichtete und durch eine Rutschbahn verbundene Sinkwerke, hohe, geräumige Hallen, darunter eine mit einem durch viele Lichter beleuchteten Salzsee. Aus dem länger stehenden Wasser scheiden sich oft die herrlichsten Gipskristallisationen ab, dicht aneinander gedrängte Schwalbenschwanzzwillinge. Aus den in Betrieb befindlichen Sinkwerken wird die Sole durch Pumpen gehoben und zum Teil an Ort und Stelle versotten, zum Teil durch Rohrleitungen andern Orten zugeführt. So wird z. B. die überflüssige Sinkwerksole von Berchtesgaden nach Reichenhall geleitet, mit der dortigen Quellsole vermischt und auf den drei Salinen Reichenhall, Traunstein und Rosenheim auf Salz verarbeitet. Die Salzgewinnung ist hier seit vielen Jahrhunderten in Betrieb, wie die in der Nähe von Hallstatt aufgedeckten Gräber beweisen, deren reicher Inhalt auf keltische Salzarbeiter und auf die zweite Hälfte des ersten Jahrhunderts v. Chr. hinweist. Diese Art der Salzgewinnung nimmt eine Mittelstellung ein zwischen dem eigentlich bergmännischen Betrieb und der Gewinnung aus Salzquellen.

An zahlreichen Stellen der Erde sprudeln Solquellen empor, und das meiste in den Handel kommende Salz ist nicht das gepulverte Mineral, sondern das aus den natürlichen Quellen oder den niedergebrachten Bohrlöchern gewonnene Quellsalz. Nach der Löslichkeit des Salzes in Wasser könnte eine gesättigte Sole in 100 Teilen Sole 27 Teile Salz

* Victor Hehn, Das Salz. Berlin 1873.

enthalten, dieser Gehalt wird aber wohl niemals erreicht; eine der reichsten Solen, die Edelquelle in Reichenhall, enthält 25½%; am salzreichsten sind durchschnittlich die aus den Bohrlöchern gewonnenen Solen, während die der natürlichen Quellen so verdünnt sind, dass sie erst stark eingedampft werden müssen, ehe sich Salz aus ihnen abscheidet. Um Heizmaterial zu sparen lässt man den grössten Teil des überschüssigen Wassers an der Luft verdunsten und nennt die Einrichtung, die hierzu dient, ein Gradierwerk, weil in ihm der Salzgehalt, der nach Graden der Senkwage bestimmt wird, erhöht wird. Die Einrichtung besteht darin, dass man die Sole über zusammengepackte Reiser und Dornen rieseln lässt, wo sie mit grosser Oberfläche dem Luftzug ausgesetzt ist. Die in der Sole enthaltenen schwer löslichen Kalksalze scheiden sich hierbei aus, überziehen die Dornen mit einer dicken steinigen Kruste und bilden den Dornstein, der in der Hauptsache aus Gips besteht und in gemahlenem Zustand als Düngemittel verwendet wird; die Sole selbst wird durch mehrmalige Wiederholung des Prozesses konzentriert, bis sie 18—26% Salz enthält. Das noch vorhandene Wasser wird durch Eindampfen in den Siedehäusern entfernt und aus der verdampfenden Sole scheidet sich das Salz aus. Wenn die Sole hierbei ruhig steht, bildet das Salz grosse trichterförmige, aus lauter kleinen Würfelchen aufgebaute Kristalle, die vermöge ihrer nach oben geöffneten Form auf der Sole schwimmen und sich mehr nach den Seiten und nach unten als nach oben vergrössern. Die Textfigur 241 zeigt uns einen solchen trichterförmigen Kristall aus der Saline Friedrichshall in Württemberg. Für Speisesalz sind solch grosse Kristalle unerwünscht und ihre Bildung wird dadurch verhindert, dass die verdampfende Sole gerührt wird, die sich ausscheidenden Kriställchen fallen dadurch sogleich zu Boden, die einen überdecken die andern und ein wie Schnee feines Salz wird gewonnen, das nur noch getrocknet zu werden braucht, um zum Gebrauch fertig zu sein; es kommt als Solsalz oder Siedesalz in den Handel und ist das beste Speisesalz, weil es reiner ist als das Salz von anderer Herkunft; freilich ist es auch viel teurer, denn während der Durchschnittswert für die Tonne Steinsalz 4,5 Mark ist, steigt er für die Tonne Siedesalz auf 27 Mark. In den Räumen, in denen das Salz zum Trocknen steht, bilden sich oft an den Decken, durch welche die abtropfende, völlig gesättigte Sole sickert, die zierlichsten Tropfsteine, feine, runde im Innern merkwürdigerweise hohle Stalaktiten von Salz, die sich leider nur schwer aufbewahren lassen, da sie äusserst zerbrechlich sind und an der Luft infolge von Beimischung leicht zerfliessen. In den alten Siedhäusern von Bad Nauheim konnte man die feinsten hohlen Stalaktiten in Menge sehen. An Badeorten wird das Gradierhaus zum Inhalieren der salzgeschwängerten Luft gebraucht und von den Kranken mit Vorteil benutzt.

Fig. 241.

Trichterförmiger Kristall von Siedesalz.

Die Gewinnung von Salz aus Sole und Sinkwerken reicht in frühe Jahrhunderte zurück und lässt sich aus den Namen erkennen, die die Orte heute noch führen, Hall, Halle, Hallein, Hallstatt, Reichenhall, Herzogenhall und Friedrichshall sind alles Hallstätten, Sammelpunkte der Bevölkerung, des Waren- und Marktverkehrs; Saale und Salzach sind die Flüsse, auf denen Salz verfrachtet wurde, der Hallforst gehört zu der Saline und liefert das Holz zum Sieden, der Hallgraf ist über die Salzwerke gesetzt und Hallburg ist sein Schloss, die Halloren sind die Salzsieder und der Heller ist die kleine Münze, die für den Verkehr an den Hallstätten geprägt wurde.

Das grösste, unerschöpfliche Salzreservoir bildet das Meer, dessen Wasser durchschnittlich 3½% Salz enthält, ausserdem noch manche andere Stoffe, unter denen sich Bittersalz durch seinen widerlich bitteren Geschmack bemerkbar macht. Auch aus dem

Digitized by Google

Meerwasser wird das Salz an vielen Küsten gewonnen, indem das Wasser bei der Flut in kleinere Teiche, die Salzgärten, geleitet und in diesen der Verdunstung überlassen wird. Nach seiner Herkunft wird dieses Salz Seesalz genannt; die alten Völker der Mittelmeerländer kannten kein anderes als dieses; wo das Meer fern ist, da fehlt in der homerischen Zeit auch das Salz. Ebenso in der Urzeit Roms. Die Salinen, die auf den König Ancus Marcius zurückgeführt wurden, waren als Salzteiche am Meeresufer gedacht, und die Sabiner im inneren Gebirge hatten sich durch römisches Gebiet eine Strasse ausbedungen, die via Salaria, auf welcher ihnen vom Meeresufer das Salz zugeführt werden konnte. Auch in späterer Zeit versteht sich bei den Völkern des klassischen Altertums die Herkunft des Salzes aus dem Meere immer von selbst. Noch heute wird an der Mittelmeerküste, am Tyrrhenischen und Adriatischen Meere und an den Küsten des Atlantischen Ozeans in Portugal und Frankreich in den warmen Sommermonaten aus den Salzgärten viel Salz gewonnen (siehe unter Produktion bei Frankreich).

In noch grösserem Massstabe als in den Salzteichen an den Küsten wird Salz von den Seen abgeschieden, die ehemals mit dem Ozean verbunden waren, jetzt aber von ihm getrennt sind, und in denen die Verdunstung grösser ist als der Zufluss von Wasser, so in den Salzseen nördlich und östlich von dem Kaspischen Meere, unter denen der salzreiche Eltonsee am bekanntesten ist und in der weiten, mit Salz getränkten Steppe, der Heimat des Steppensalzes.

Produktion von Salz. An der Spitze der salzproduzierenden Länder stehen die Vereinigten Staaten von Nordamerika, in denen aus Steinsalz und Sole im Jahre 1901 20869342 Barrel (zu 280 engl. Pfund) im Werte von 6944600 Dollar gewonnen wurden. An zweiter Stelle steht Russland, das im Distrikt Bachmut im Gouvernement Jekaterinoslaw grosse und reiche Steinsalzlager enthält und Seesalz aus Salzseen in den zum Dongebiet gehörigen Gouvernements Bessarabien, Cherson und Taurien, und im Gouvernement Astrachan in grossen Mengen gewinnt. An dritter Stelle folgt Grossbritannien, darauf Japan und Deutschland. Deutschland produzierte im Jahre 1900 in 18 Bergwerken und 61 Salinen 1514000 Tonnen aus Steinsalz und Sole, Frankreich etwas mehr als eine Million Tonnen und zwar liefern hier die Salzteiche am Mittelländischen Meere, insbesondere die zu den Departements Bouches-du-Rhône und Gard gehörenden den grössten Teil der Produktion. Die Menge des von den Meeressalinen gewonnenen Salzes betrug im Jahre 1900 485000 Tonnen im Werte zu 4788000 Franken. Es folgen Indien und die englischen Besitzungen in Asien mit gleichfalls etwas mehr als einer Million Tonnen, Spanien mit 450000 Tonnen, Italien mit 367000 Tonnen, Oesterreich mit 315000 Tonnen. Die Gesamtproduktion an Salz auf der Erde wird auf 13 bis 14 Millionen Tonnen veranschlagt.

Verwendung. An erster Stelle steht die Verwendung von Salz als Würze unserer Speisen, als Kochsalz. Wie Wasser und Salz die verbreitetsten, so sind sie auch für Menschen und Tiere die unentbehrlichsten Mineralstoffe, ja das Wasser wird erst durch einen auch noch so kleinen Salzgehalt zum Genussmittel, absolut reines Wasser wirkt geradezu wie Gift. Der Giftbrunnen in Gastein enthält nicht etwa einen giftigen Stoff, sondern das Wasser wirkt wegen seiner absoluten Reinheit störend auf die Verdauung; zur Resorption der Nahrung ist Salz notwendig. Eine besondere Verwendung von Kochsalz gründet sich auf seine Eigenschaft, Fleisch und Pflanzen vor Fäulnis zu bewahren; die Salzlake erhält den sonst leicht verwesenden Hering, den saftigen Schinken und die schmackhaften Gemüse. Man hat ausgerechnet, dass ein erwachsener Mensch jährlich 7,8 kg Kochsalz zu seiner Nahrung verbraucht und seit vielen Jahren ist diese Zahl, welche sich aus dem physiologischen Bedürfnis des menschlichen Körpers ergibt, ganz unveränderlich. Wegen dieser Unentbehrlichkeit des Salzes ist sein Verbrauch seit

alten Zeiten mit einer Steuer belegt und die Staaten haben sich eine nie versiegende Einnahmequelle hierdurch geschaffen; in Deutschland beträgt die Steuer für die Tonne Speisesalz 120 Mark, während ihr Wert nur 27 Mark beträgt; der Verbrauch an Speisesalz allein betrug in Deutschland im Jahre 1897 420000 Tonnen. Der Steuerertrag beträgt im Jahre 1904 fünfzig Millionen Mark. Um der leichten Defraudation zu begegnen, wird das Salz, soweit es nicht als Kochsalz in den Handel kommt, durch Zusatz von Stoffen, die es für den Menschen ungeniessbar machen, denaturiert, das Viehsalz durch einen Zusatz von Tran, Eisenoxyd und Wermutkraut, das für gewerbliche Zwecke dienende Salz durch Tran und Kienruss oder durch Schwefelsäure und Ammoniak.

Ausser als Nahrungsmittel für das Vieh wird das Salz in der Landwirtschaft als Düngesalz gebraucht. Die Pflanzen haben zwar Chlornatrium für ihr Gedeihen nicht direkt nötig, es wirkt mehr indirekt günstig dadurch, dass es im Boden gebundene Kali- und Kalksalze frei macht und hierdurch seine Tragfähigkeit erhöht. Im ganzen ist der Verbrauch als Düngesalz nicht gross.

Sehr mannigfaltig ist die Verwendung von Steinsalz in Industrie und Technik; in der Tonwarenindustrie dient es zum Glasieren, in der Lederindustrie bildet es einen Teil der Beize, in der Farbenindustrie wird das beste Speisesalz zum Aussalzen der Farbstoffe aus ihren Lösungen benutzt, vor allem aber ist es als häufigstes Natriumsalz das Ausgangsprodukt für alle anderen Natriumpräparate und das wichtigste Rohmaterial für die Darstellung von Chlor und Chlorwasserstoffsäure, der viel gebrauchten Salzsäure. Chlor wird heute vorzugsweise durch Elektrolyse aus Chlornatrium hergestellt und ähnlich wie Kohlensäure durch Druck verflüssigt und in stählernen Flaschen in den Handel gebracht. Es dient zum Bleichen von pflanzlichen Fasern in Geweben und Papier, zum Desinfizieren und Sterilisieren und vor allem zur Herstellung des dem gleichen Zweck dienenden Chlorkalks. Gleichzeitig mit Chlor entsteht bei der Elektrolyse Natrium, das in der wässrigen Lösung sofort zu Natriumhydroxyd, der Natronlauge oder Aetznatron wird, die als Reagens im Laboratorium, besonders aber zur Fabrikation von Seife und in der Farbenindustrie benutzt wird; ein grosser Teil des Aetznatrons wird von den Sodafabriken geliefert und manche Fabriken stellen mehr und mehr statt der Soda Aetznatron dar. Aus der geschmolzenen Natronlauge wird durch Elektrolyse in eisernen Töpfen, die durch eine durchlässige Scheidewand geteilt sind, das metallische Natrium dargestellt, das ein silberweisses, weiches und leicht schmelzbares Metall ist und sich so leicht oxydiert und mit Wasser verbindet, dass es nur in Petroleum oder anderen indifferenten Flüssigkeiten aufbewahrt werden kann. Es wird in der organischen Chemie als kräftiges Reduktionsmittel vielfach benutzt.

Das wichtigste Produkt, das aus Steinsalz dargestellt wird, ist die Soda, kohlensaures Natron, die im chemischen Laboratorium als Reagens, als Zusatz zur Wäsche, in der Seifen- und Glasfabrikation (S. 274) und in der Farbenindustrie in grossen Mengen verbraucht wird. Soda kommt zwar auch in der Natur als Mineral, aber doch lange nicht in genügenden Mengen vor, um den grossen Bedarf zu decken. So wird Soda, als Mineral Trona genannt und nach der Formel $Na_2CO_3 \cdot NaHCO_3 \cdot 2H_2O$ zusammengesetzt, von den Natronseen in Unterägypten, von den Salzseen von Merida in Venezuela, im Staate Nevada und im südöstlichen Kalifornien ausgeschieden und aus diesen Gebieten in den Handel gebracht, die meiste Soda aber wird in Fabriken, früher nach dem Verfahren von Leblanc, jetzt mehr nach dem von Solvay dargestellt. Bei dem Solvayverfahren wird wässrige Chlornatriumlösung mit Ammoniak versetzt und Kohlensäure eingeleitet. Hierdurch bildet sich Natriumbikarbonat, welches sich ausscheidet und durch Erhitzen in Soda übergeführt wird. Das Chlor verbindet sich mit dem Ammoniak zu Salmiak, der in Lösung bleibt und aus dem das Ammoniak durch Zusatz von gebranntem Kalk wieder ausgetrieben und darauf aufs

neue benutzt wird. Die Kohlensäure, die beim Brennen von Kalk frei wird, wird in dem Betrieb zur Ueberführung des Kochsalzes in Soda benutzt, sodass der Verbrauch von Rohmaterial bei diesem Verfahren auf das geringste Mass zurückgeführt ist. Das Fabrikat heisst Ammoniaksoda, weil Ammoniak bei der Darstellung eine wesentliche Rolle spielt. Der ältere Leblanc-Prozess hat sich gegenüber dem einfacheren und billigeren Solvay-Prozess nach schweren Kämpfen doch noch gehalten, weil er als Nebenprodukt Salzsäure liefert, die bei der Ammoniaksodafabrikation nicht geliefert wird. Das Verfahren im Leblanc-Prozess ist recht umständlich; zuerst wird das Chlornatrium durch Schwefelsäure in schwefelsaures Natron umgewandelt; aus dem Chlor des Salzes und dem Wasserstoff der Schwefelsäure bildet sich als wichtigstes Nebenprodukt die Salzsäure:

$$2 NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2 HCl.$$

Da hierbei sehr grosse Mengen Schwefelsäure verbraucht werden, so ist mit einer Leblanc-Sodafabrik immer eine Schwefelsäurefabrik verbunden, in der aus Schwefelkies die Säure dargestellt wird. Das erhaltene Natriumsulfat wird mit Steinkohle und Kalkstein gemischt und geglüht. Die Kohle reduziert das Sulfat zu Sulfid: $Na_2SO_4 + 4C = Na_2S + 4CO$, der Kalkstein führt das Sulfid in Karbonat, in Soda über: $Na_2S + CaCO_3 = Na_2CO_3 + CaS$. Wenn Kohle in Ueberschuss zugesetzt wird, so wird nach dem gleichen Verfahren statt der Soda Aetznatron gewonnen. Der Hauptübelstand bei diesem Verfahren ist der, dass der Schwefel sich mit dem Calcium verbindet und erst durch umständliche Prozesse wieder regeneriert werden muss, ehe er wieder in den Kreislauf der Sodafabrikation eintreten kann. Das durch Erhitzen wasserfrei gemachte Natriumkarbonat ist die calcinierte Soda, die von der chemischen Grossindustrie vorzugsweise gebraucht wird, das in Wasser umkristallisierte Natriumkarbonat enthält 10 Moleküle Wasser und ist die in Küche und Haus und kleinen Betrieben wegen ihrer leichten Löslichkeit bevorzugte Kristallsoda; da sie 63% ihres Gewichtes Wasser enthält, ist sie für weite Transporte nicht geeignet.

Die Gesamtproduktion der Erde an Soda mit Aetznatron und Bikarbonat wird auf 1¼ Million Tonnen jährlich geschätzt oder etwa 0,8 kg auf den Kopf der Bevölkerung. Deutschland ist hierbei mit etwa 325000 Tonnen, Russland mit 82000 Tonnen, Frankreich mit 150000 und die Vereinigten Staaten mit 120000 Tonnen beteiligt, an der Spitze der Sodaproduktion steht immer noch England.

Wie zur Sodafabrikation dient Kochsalz zur Herstellung von Glaubersalz, dem nach der Formel $Na_2SO_4 \cdot 10 H_2O$ zusammengesetzten schwefelsauren Natron, das sich zwar aus manchem Salzsee ausscheidet und aus vielen Mineralwässern und einigen Mineralien gewinnen lässt, aber in viel zu geringer Menge, als dass der Bedarf auch nur einigermassen gedeckt werden könnte. Es wird als Nebenprodukt bei der Darstellung von Salzsäure aus Kochsalz und Schwefelsäure gewonnen, tritt als Zwischenprodukt bei dem Leblancsodaprozess auf und wird durch wechselseitige Umsetzung von Chlornatrium mit Magnesiumsulfat bei einer unter 0° liegenden Temperatur aus dem Lösungsrückstand dargestellt, der bei der Verarbeitung von Carnallit auf Chlorkalium zurückbleibt. Eine niedere Temperatur ist deswegen erforderlich, weil sich Glaubersalz nur unterhalb 16° bilden kann. Das auf diese Weise dargestellte Glaubersalz ist sehr rein, namentlich frei von Eisen, und dient daher vorzugsweise zur Darstellung von weissem Glas. Ueberhaupt wird Glaubersalz von der Glasgrossindustrie (Seite 274) immer mehr benutzt, weil es billiger ist als Soda. Ausserdem dient Glaubersalz u. a. zur Darstellung von Ultramarin und in der Zellstofffabrikation.

Aus dem deutschen Zollgebiet wurden im Jahre 1898 allein folgende vorzugsweise aus Salz hergestellte Fabrikate ausgeführt: Aetznatron im Werte von 939000 Mark, Soda

im Werte von nahezu $3^1/_2$ Millionen Mark, Chlorkalk für $1^3/_4$ Millionen, Salzsäure für 600 000 Mark, dabei wird ein noch viel grösserer Teil der Fabrikate von der inländischen Industrie, besonders der Farbenindustrie, verbraucht.

Diese wenigen Beispiele mögen genügen, um uns die Bedeutung des Salzes für die chemische Grossindustrie vor Augen zu führen.

Sylvin und die Abraumsalze.*

In Stassfurt, dem jetzigen Mittelpunkte der Salzindustrie, existierte schon seit alter Zeit ein Salinenbetrieb, welcher im 18. Jahrhundert eine hervorragende Bedeutung erlangt hatte, im Jahre 1839 aber eingestellt wurde, weil die Verarbeitung der schwachen Sole nicht mehr lohnte, nachdem in Deutschland viele starke Solen erbohrt und Salzlager erschlossen waren. Daher wurde von der preussischen Regierung im Jahre 1839 in Stassfurt ein Bohrloch angesetzt und nach vier Jahren die oberste Decke des Salzgebirges in einer Teufe von 256 m erreicht, darauf noch 315 m tiefer gebohrt, ohne dass man das Liegende des Salzlagers erreicht hätte. Das Ergebnis war unerwartet und unerwünscht, denn statt einer mit Kochsalz gesättigten Sole lieferte das Bohrloch eine Salzlösung mit hohem Gehalt an Chlormagnesium und Chlorkalium, mit denen man nichts Rechtes anzufangen wusste. Trotzdem entschloss sich die preussische Regierung, das Salzlager durch zwei Schächte zu eröffnen in der bestimmten Erwartung, unter den leicht löslichen Salzen doch das gesuchte Steinsalz in genügender Reinheit anzutreffen — und hierin wurde sie nicht getäuscht. Die beiden ersten Stassfurter Schächte »Manteuffel« und »von der Heydt« wurden im Jahre 1852 angehauen und in fünf Jahren auf 330 m bis in das Steinsalz niedergebracht, nachdem von 256 bis 280 m die Kali- und Magnesiasalze durchteuft waren. Die ungern gesehenen und für den Abbau lästigen, leicht löslichen Salze erhielten den Namen Abraumsalze, ihr grosser Wert wurde aber bald erkannt. Justus Liebig hatte nicht lange vorher nachgewiesen, dass die Pflanzen Kali zum Gedeihen nötig haben, dass sie es aus dem Boden aufnehmen und dass diesem Kali zugeführt werden muss, wenn er seine Fruchtbarkeit nicht einbüssen soll. Die Landwirtschaft begann nach Kali zu suchen, ihr Bedarf kann auf unabsehbare Zeit durch die Abraumsalze gedeckt werden; die chemische Grossindustrie zog die Kalisalze in den Bereich ihrer Betriebe, und bald gehörten die Kalisalze zu den gesuchtesten Produkten des Bergbaus. Den ersten Schachtanlagen folgten bald viele andere nach, zuerst Leopoldshall im Herzogtum Anhalt (1857), darauf Westeregeln (1871), Neustassfurt bei Löderburg (1877), Aschersleben (1882), Vienenburg bei Goslar (1884), Bernburg a. d. S. (1885), Thiede in Braunschweig (1885) und manche andere; durch Bohrungen ist eine über alle Erwartung grosse Ausdehnung der Kalisalzlager in Thüringen, Braunschweig und Mecklenburg festgestellt worden. Um einer Ueberproduktion vorzubeugen, haben sich die staatlichen Betriebe mit den privaten zu einem Verkaufssyndikat vereinigt, welches die Produktion innerhalb gewisser Grenzen hält und einheitliche Preise festsetzt. Es ist dies gut durchführbar, weil ausserhalb Deutschland Kalisalze nur in geringer Menge vorkommen, nämlich nur bei Kalusz in Galizien und im Salzkammergut, hier aber so wenig, dass das Vorkommen fast nur wissenschaftliches Interesse hat.

* F. Bischof, Die Steinsalzwerke bei Stassfurt. 2. Aufl. 1875. — Precht, Die Salzindustrie von Stassfurt und Umgebung. 4. Aufl. 1889. — Ochsenius, Die Bildung der Steinsalzlager und ihrer Mutterlaugensalze. 1877.

Digitized by Google

Die wichtigsten Abraumsalze sind die folgenden:

Sylvin, Chlorkalium (KCl), und Sylvinit, chlornatriumhaltiges Chlorkalium,
Carnallit, ein wasserhaltiges Doppelsalz von Chlorkalium und Chlormagnesium ($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$),
Kieserit, Magnesiumsulfat mit einem Molekül Wasser ($MgSO_4 \cdot H_2O$),
Kainit, ein wasserhaltiges Doppelsalz von Chlorkalium und Magnesiumsulfat ($KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$),
Schönit, ein wasserhaltiges Doppelsalz von Kalium- und Magnesiumsulfat ($K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$),
Polyhalit, ein wasserhaltiges Doppelsalz von Kaliumsulfat, Magnesiumsulfat und Calciumsulfat ($K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$).

Ausser diesen Salzen kommen noch andere unter den Abraumsalzen vor, die kein Kali enthalten und für die Industrie wenig oder gar keine Bedeutung haben, aber wissenschaftlich interessant sind, da sie uns erst ein volles Bild von der Zusammensetzung der Salzlager geben. Wir nennen von diesen:

Tachhydrit, ein wasserreiches Doppelsalz von Chlorcalcium und Chlormagnesium ($CaCl_2 \cdot 2MgCl_2 \cdot 12H_2O$),
Bischofit, wasserhaltiges Chlormagnesium ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$),
Astrakanit, ein wasserhaltiges Doppelsalz von Magnesiumsulfat und Natriumsulfat ($MgSO_4 \cdot Na_2SO_4 \cdot 4H_2O$),
Borazit, borsaure Magnesia.

In den Salzlagern folgen sich diese Salze im grossen und ganzen in der Reihenfolge ihrer Löslichkeit, sind aber immer untermischt mit Steinsalz und Anhydrit derart, dass in den unteren Schichten der Abraumsalze Steinsalz und Anhydrit noch überwiegen, in den oberen immer mehr zurücktreten und den leichtlöslichen Salzen Platz machen, ohne jemals völlig zu fehlen. An sehr vielen Stellen sind die Abraumsalze noch einmal von Gips und Anhydrit, einem Lager von jüngerem Steinsalz und dieses wieder von Gips und Salzton bedeckt. Sehen wir hiervon ab, so können je nach dem Salz, das einer Schicht seinen bestimmten Charakter aufprägt, die von oben nach unten folgenden Regionen unterschieden werden:

1. Carnallitregion, 15–40 m mächtig, mit Carnallit, Sylvin, Sylvinit, Kainit, Kieserit, Bischofit, Tachhydrit, Astrakanit, Schönit und Borazit; darunter folgt die
2. Kieseritregion, etwa 60 m mächtig, mit Kieserit neben Carnallit, Bischofit, Steinsalz und Anhydrit; darunter die
3. Polyhalitregion, gleichfalls etwa 60 m mächtig, mit Polyhalit, Steinsalz und Anhydrit; das Liegende bildet die
4. Anhydritregion, älteres Steinsalz und Anhydrit in vielfachem Wechsel, einige hundert Meter mächtig.

In den meisten Salzlagern ist nur die letzte Region erhalten oder ursprünglich allein zur Ablagerung gekommen; so vollständige Salzlager wie die Stassfurter sind ausserhalb Deutschland nicht bekannt.

Die meisten in den Salzlagern auftretenden Salze sind, ebenso wie Steinsalz, Gips und Anhydrit, durch Verdunstung aus Meerwasser unter besonders günstigen topographischen und klimatischen Verhältnissen entstanden, ihre Bestandteile sind alle in dem Meerwasser enthalten, aus dem sie, sobald es genügend konzentriert ist, je nach ihrem Mengenverhältnis und der Temperatur zu diesen oder jenen Salzen, sich verbinden und ausscheiden.

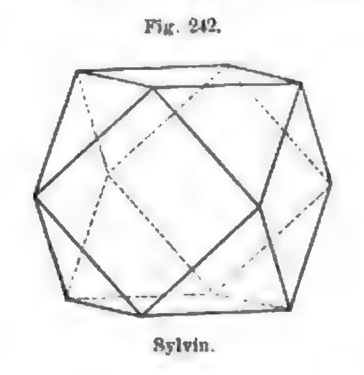
Digitized by Google

Die genaueren Bedingungen sind für jedes einzelne von van't Hoff* und seinen Mitarbeitern ermittelt worden, es würde uns zu weit führen, wollten wir auf diese zum Teil sehr verwickelten Verhältnisse hier näher eingehen. Das eine oder andere Salz hat sich nicht direkt abgeschieden, sondern ist aus den andern nachträglich hervorgegangen. Da die meisten Salze in Wasser leicht löslich sind und das Wasser auf Spalten und Rissen doch Zutritt gefunden hat, so ist es nicht zu verwundern, wenn mannigfache Umsetzungen stattgefunden haben und neben den ursprünglichen Salzen auch sekundär gebildete auftreten.

Unsere Aufgabe ist es, die wichtigsten Abraumsalze kurz zu beschreiben; die meisten bieten für das Auge nichts Besonderes, da sie weder ausgeprägte Form noch Farbe besitzen, nur das erste und das letzte von den vorher genannten, Sylvin und Borazit, eignen sich zur Abbildung. Die andern werden wir kurz erledigen.

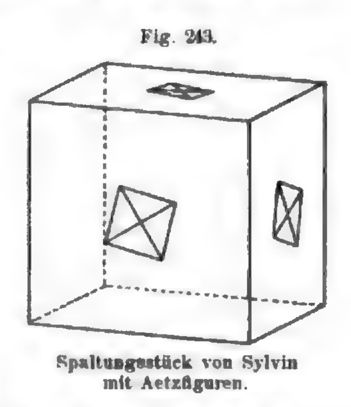
Sylvin. Die dem Steinsalz entsprechende Kaliumverbindung, den Sylvin, kannte man früher nur als feines, durch vulkanische Prozesse gebildetes Pulver. Die schönen grossen Kristalle sind erst in den Abraumsalzen bei Stassfurt und Leopoldshall gefunden worden. Wie wir an dem in Figur 7 auf Tafel 70 abgebildeten Kristall leicht sehen, ist auch Sylvin regulär, der Kristall ist ein Kubooktaeder, die Kombination von Würfel mit Oktaeder im Gleichgewicht (Textfigur 242). Diese Kombination ist für Sylvin ebenso charakteristisch wie für Steinsalz der Würfel, und ohne Bedenken wird man auch Sylvin als vollflächig regulär ansprechen und doch gehört er in eine hemiedrische Abteilung. An der Kristallform können wir dies nicht erkennen, die Aetzfiguren müssen uns hier leiten. Sie sind wie bei Steinsalz flache, in die Würfelflächen eingesenkte Pyramiden, die hier aber nicht mehr gerade, sondern schief auf den Flächen liegen (Textfigur 243); die kleinen Kanten, die sie mit den Würfelflächen bilden, sind weder den Würfelkanten, noch den Diagonalen parallel. Nach dem Satz, dass man aus der Form und Lage einer Aetzfigur die Symmetrie der Kristallfläche erkennen kann, auf der sie liegt, müssen wir hier schliessen, dass über die Würfelflächen gar keine Symmetrieebene hingeht, weder parallel zu den Kanten, noch parallel zu den Diagonalen, wir hätten also in Sylvin einen regulären Kristall ohne jede Symmetrieebene, wohl aber besitzt er ein Symmetriezentrum, da zu jeder Fläche die parallele Gegenfläche vorhanden ist, und alle Symmetrieachsen, die ein regulärer Kristall nur besitzen kann. Er gehört demnach einer besonderen hemiedrischen Abteilung des regulären Systems an, die man die gyroedrische nennt und in die ausser ihm nur noch Salmiak gehört. Weil sie sonst wenig wichtig ist, haben wir sie im allgemeinen Teil nicht aufgeführt, hier aber dürfen wir sie nicht übergehen.

Fig. 242.



Sylvin.

Fig. 243.



Spaltungsstück von Sylvin mit Aetzfiguren.

In den übrigen Eigenschaften hat Sylvin sehr viel Aehnlichkeit mit Steinsalz, er besitzt ebenso vollkommene Spaltbarkeit nach den Würfelflächen, ist farblos, seltener schwach rötlich, aber nicht blau, vollkommen durchsichtig, meist aber weiss und trüb, diatherman, ebenso weich ($H = 2\frac{1}{2}$) und mit einem spezifischen Gewicht von 1,9—2,0 noch etwas leichter als Steinsalz. Auch seine Lichtbrechung ist schwächer, der Brechungsexponent beträgt nur 1,490 für Natriumlicht. Wie Steinsalz ist Sylvin in Wasser leicht

* Untersuchungen über die Bildungsverhältnisse der ozeanischen Salzablagerungen, insbesondere des Stassfurter Salzlagers. Sitzungsber. der Preuss. Akad. der Wissensch. zu Berlin 1897—1904.

Digitized by Google

löslich, seine Löslichkeit wird aber viel stärker von der Temperatur beeinflusst; während bei 0° 100 Teile Wasser 28 Teile des Salzes auflösen, vermögen sie bei 100° 57 Teile aufzunehmen. Aus einer heiss mit Chlornatrium und Chlorkalium gesättigten Lösung wird sich beim Erkalten daher in der Hauptsache Chlorkalium ausscheiden und es ist hierdurch möglich, aus den gemischt vorkommenden Salzen Chlorkalium von Chlornatrium zu trennen. Im Geschmack besteht ein merkbarer Unterschied, indem Sylvin viel schärfer salzig schmeckt als Steinsalz, als Speisesalz wird er daher nicht verwendet. Sehr leicht lassen sich beide Salze durch die Flammenfärbung unterscheiden, Sylvin färbt die Flamme hell violett; wenn die Probe gleichzeitig Steinsalz enthält, so wird die violette Färburg von der gelben verdeckt, kann aber erkannt werden, wenn man die Flamme durch dunkelblaues Glas oder eine mit Indigolösung gefüllten Flasche betrachtet; die gelbe Färbung wird hierdurch gar nicht wahrgenommen, weil der blaue Körper die gelben Strahlen verschluckt und nur die violetten hindurchlässt.

Kristalle von Sylvin und auch grossspätige Massen sind im ganzen selten, er bildet vorzugsweise körnige Aggregate, die bald in Nestern und über einen Meter starken Lagen für sich auftreten, bald mit Steinsalz innig gemengt sind; das Gemenge hat den besonderen Namen Sylvinit, das gleiche Gemenge noch mit Kieserit vermischt den Namen Hartsalz bekommen, ohne dass diese Unterscheidung immer scharf durchgeführt wurde. Es sind dunkle, braunrote, oft mit Anhydrit gemengte Massen, in denen der Sylvin meist rot und braun, das Steinsalz farblos oder grau, der Kieserit weiss ist.

In den Salzlagern ist Sylvin nach seiner Entstehung immer an Carnallit gebunden. Wenn nämlich Carnallit feuchter Luft ausgesetzt ist, zieht er Wasser an und wird hierdurch zerlegt. Sein Chlormagnesium wird aufgelöst und fortgeführt, um an tieferen, trocknen Stellen als Bischofit zu kristallisieren, während das Chlorkalium als grobkristallinisches Pulver zurückbleibt und um so grössere Kristalle bildet, je langsamer es kristallisieren kann. So bildet sich Sylvin noch jetzt in den durch Carnallit gelegten Stollen, bisweilen in Stalaktiten und traubenförmigen Konkretionen, meist als kristallinisches Pulver und so haben sich früher, als die Lager noch unberührt waren, in langsamer Kristallisation die schönen Kristalle und oft grossen Kristalldrusen gebildet.

Sylvin findet sich ausser bei Leopoldshall und Stassfurt und überhaupt ausserhalb des Gebietes der deutschen Abraumsalze noch bei Kalusz in Galizien, wo er in Form von Linsen und dünnen Lagen in dem Salzgebirge auftritt, ganz geringe Mengen sind bei Berchtesgaden und Hallein gefunden worden und man schliesst aus seinem Vorkommen, dass auch hier Abraumsalze vorhanden waren, die aber bis auf die geringen Spuren aufgelöst und fortgeführt sind.

Verwendung des Sylvins und der andern Kalisalze. Chlorkalium ist mit einem theoretischen Gehalt von 52,4% Kalium das reichste Kalisalz und wird in der chemischen Grossindustrie wie in der Landwirtschaft in ausserordentlich grosser Menge verwendet, aber nur das wenigste liefert das Mineral Sylvin, bei weitem das meiste wird aus andern Abraumsalzen, besonders dem Carnallit, durch methodische Auslauge- und Kristallisationsprozesse als Roh-Chlorkalium mit einem Gehalt von etwa 80% an KCl gewonnen. Dieses in Verein mit Sylvinit, Kainit, Kaliumsulfat und Kalium-Magnesiumsulfat bildet die für die Landwirtschaft unentbehrlich gewordenen Dünge-Kalisalze, die nach allen Teilen der Erde versandt werden; in dem Ausland wird vorzugsweise das Roh-Chlorkalium benutzt, weil es wegen seines höheren Gehalts den Transport eher lohnt, während in Deutschland mehr die andern Kalisalze benutzt werden. Da sie alle nicht rein sind und eine Reindarstellung für die Zwecke der Landwirtschaft ganz überflüssig ist, kommen sie alle mit einem garantierten Mindestgehalt von Kali, die Sulfate zugleich mit einem garantierten Höchstgehalt an Chlor in den Handel.

Im ganzen werden etwa 75 % der geförderten Kalisalze von der Landwirtschaft konsumiert, während die übrigen 25 % in der chemischen Industrie verarbeitet werden. Hier wird aus Chlorkalium nach dem Leblancverfahren Pottasche dargestellt, die früher aus Holzasche ausgelaugt wurde und die in der Glasindustrie zur Herstellung von schwer schmelzbarem Glas, in der Seifenindustrie zur Herstellung von Schmierseife etc. benutzt wird. Durch Elektrolyse wird aus Chlorkalium Aetzkali, auch das Metall Kalium und Chlor erzeugt, und ebenfalls auf elektrolytischem Weg wird Chlorkalium in chlorsaures Kalium übergeführt; auf umständlicherem Wege wird aus Kaliumkarbonat und Kohle das giftige Cyankalium hergestellt, das heute zur Gewinnung von Gold nach dem Cyanidverfahren (Seite 69) in grossen Mengen verbraucht wird. Der Wasser anziehende Natronsalpeter wird durch Chlorkalium in den trocken bleibenden Kalisalpeter (Konversionssalpeter) umgewandelt, deren Fabrikation allerdings durch Einführung des rauchschwachen Pulvers nicht mehr in dem Umfang betrieben wird wie früher. Das Kaliumsulfat wird zum grössten Teil zur Darstellung von Alaun benutzt, der als Beize in der Färberei, in der Weissgerberei, der Papierfabrikation, in der Medizin mannigfache Verwendung findet. Für das viel verwendete chromsaure und doppelchromsaure Kalium liefern die Abraumsalze das nötige Kali, Chromeisenstein, wie wir gesehen haben, die Chromsäure.

Produktion von Kalisalzen. Von dem Verkaufssyndikat der Kaliwerke Stassfurt wurden im Jahre 1898 44 Millionen Zentner Kalisalze im Werte von etwa 30 Millionen Mark gefördert und hiervon 1 056 226 Tonnen Kainit und Sylvinit, 177 983 Tonnen Chlorkalium (80 prozentig), 68 000 Tonnen Carnallit mit Kieserit, 17 700 Tonnen Kaliumsulfat, 10 500 Tonnen Kalium-Magnesiumsulfat (48 prozentig) abgesetzt; 1900 Tonnen Cyankalium im Werte von nahezu vier Millionen Mark wurden allein in das Ausland exportiert, vieles im Inland verbraucht. Da ein dem norddeutschen Kalisalzlager ähnliches und an Grösse und bequemer Ausbeutbarkeit vergleichbares Vorkommen bis jetzt nirgends sonst auf der Erde aufgefunden worden ist, beherrscht die deutsche Kaliindustrie mit ihren Erzeugnissen den gesamten Weltmarkt.

Carnallit ist in reinem Zustand farblos und wasserklar, oft aber durch fremde Beimischung gefärbt, die nach dem Auflösen des Carnallit in Wasser als feiner Schlamm zurückbleibt. Besonders fällt der rote Carnallit durch seine intensive Färbung auf und erinnert durch seinen lebhaften metallischen Glanz an das venezianische Avanturinglas. Lösen wir ein wenig in Wasser auf und betrachten den Rückstand unter dem Mikroskop, so finden wir wunderbar scharfe, gelbe bis braunrote, durchsichtige, sechsseitige und dreiseitige Täfelchen, die sich bei genauerer Untersuchung als Eisenglimmer (Seite 145) erweisen. Manchmal werden wir auch enttäuscht und finden statt der erwarteten Kriställchen nur roten erdigen Schlamm, da ist das Eisenoxyd nicht zur Kristallisation gekommen; solcher Carnallit besitzt aber auch nicht den Glanz des andern. Ob der Carnallit wohl dadurch, dass er selbst so begierig Wasser anzieht, bewirkt hat, dass sich das Eisenoxyd in ihm wasserfrei abgeschieden hat? Als grosse Merkwürdigkeit finden wir in dem Lösungsrückstand auch winzige Kriställchen von Bergkristall und kleine Tetraeder von Borazit. Den roten Carnallit würde man nach seiner Farbe als sehr eisenreich ansprechen und doch enthält er nicht mehr als 0,075 % Eisenglimmer, so intensiv färbt dieses Mineral.

Der reine Carnallit hat ein spezifisches Gewicht von 1,62 und enthält $26^3/_4$ % Chlorkalium, $34^1/_2$ % Chlormagnesium und $38^3/_4$ % Wasser; daher ist es leicht einzusehen, dass man ihn nicht auf grosse Entfernung verschickt, denn mit ihm würde man auch sein Wasser verschicken und über ein Drittel der Ware wäre Ballast. Die seltenen Kristalle gehören dem rhombischen System an, sehen aber wie hexagonal aus. Sie lassen sich

nur in luftdicht verschlossenen Gefässen halten. Pseudomorphosen von Steinsalz nach Carnallit sind im Salzton von Westeregeln gefunden worden.

Aus feuchter Luft nimmt Carnallit begierig Wasser auf und das in ihm enthaltene Chlormagnesium spaltet sich ab und zerfliesst, während das Chlorkalium in Gestalt kleiner Würfelchen zurückbleibt. Hierauf gründet sich das Verfahren, aus Carnallit Chlorkalium im Grossen darzustellen, er ist hierzu das wichtigste Rohprodukt; aus den heiss gesättigten Lösungen scheidet sich beim Erkalten Chlorkalium aus, während Chlormagnesium in Lösung bleibt. Die zurückbleibende Mutterlauge enthält Spuren von Brom und Rubidium, und so gering auch die Mengen sind, so ist doch Carnallit durch die grossen Massen, die verarbeitet werden, zu der wichtigsten Quelle für Brom geworden, das zur Herstellung von Eosin und andern Produkten der Farbenindustrie, als Bromkalium in der Medizin, als Bromsilber in der Photographie in grossen Mengen verbraucht wird. Allein für 600 000 Mark wurden Brom und Brompräparate im Jahr 1898 ausgeführt, viel mehr aber noch im Inland verbraucht; im ganzen werden in Deutschland etwa 10 000 Zentner Brom jährlich erzeugt, während die amerikanischen Salinen ungefähr 4000 Zentner gewinnen; das Kilogramm kostet 3—4 Mark, während es im Jahr 1865 ungefähr 50 Mark gekostet hat. Die riesigen Massen von Chlormagnesiumlauge können bis jetzt vorteilhaft nicht verwendet werden, zwar wird Salzsäure, Chlor und Magnesia daraus hergestellt, aber doch nur in ganz geringer Menge, die Fabrikationsverfahren haben sich nicht bewährt.

Carnallit hat sich als oberstes Glied der Abraumsalze in der letzten Bildungsperiode ausgeschieden, in der die Mutterlaugen für ihn und seine Bestandteile übersättigt waren; namentlich ist zu seiner Bildung ein Ueberschuss von Chlormagnesium in der Lösung und eine Temperatur erforderlich, die nicht viel unter $+25^{\circ}$ C. liegen darf. Lange bevor man Carnallit aus den Abraumsalzen kannte, hat ihn Justus Liebig im Jahr 1826 als zufällige, aus den Mutterlaugen des Bades Salzhausen entstandene Bildung beschrieben; er konnte damals nicht ahnen, dass diese Verbindung für die Landwirtschaft noch einmal eine solche Bedeutung erlangen werde und dass das Salz, dem er eine seiner ersten Arbeiten gewidmet hatte, berufen sein sollte, seinen agrikulturchemischen Lehren zum grössten Erfolg in der Praxis zu verhelfen.

Ausser in den norddeutschen Salzablagerungen ist Carnallit in geringer Menge bei Kalusz in Galizien, Maman in Persien und in Colorado in Nordamerika gefunden worden.

Kainit ist in den Anhaltischen Schächten gefunden worden, nachdem sie schon längere Zeit in Betrieb waren und sein Name (*καινός*, neu) soll andeuten, dass es ein neues, ungewöhnliches Vorkommen war. Er bildet in reinem Zustand weisse, hellgelbe, rötliche oder graue, zuckerkörnige, durchscheinende Aggregate und hat ein spezifisches Gewicht von 2,13. Für das Auge bietet er sehr wenig, sein Wert liegt in dem hohen Kaligehalt. Das reine Mineral besteht aus 30% Chlorkalium, 48,3% Magnesiumsulfat und 21,7% Wasser, die grossen Massen sind aber immer mit Kieserit, Carnallit, Steinsalz und Anhydrit gemengt. Er tritt in den obersten Lagen der Carnallitregion auf und man hat früher angenommen, er sei immer eine sekundäre Bildung und durch gegenseitige Umsetzung aus Carnallit und Kieserit entstanden, die Untersuchungen von van't Hoff aber haben ergeben, dass er sich jedenfalls direkt, wie Carnallit, aus eingedunstetem Meerwasser abscheiden kann. Für einen Teil des Kainit, nämlich den, der in der Kieseritregion auftritt, ist es wahrscheinlich, dass er sich direkt aus dem Meerwasser abgeschieden habe, für die grosse Masse aber lassen die Lagerungsverhältnisse kaum eine andere Annahme zu als die, dass er aus Carnallit und Kieserit entstanden sei, dass durch eingesickertes Wasser beide teilweise aufgelöst und in Kainit übergeführt seien. Kainit bedeckt hier den Carnallit, wie der eiserne Hut die Erzgänge.

In Deutschland wird roher Kainit und das daraus dargestellte Kaliummagnesiumsulfat als das hervorragendste Kalidüngesalz viel verwendet, ausserdem wird er auf Chlorkalium und Kaliumsulfat verarbeitet.

Kieserit. Aus rein wässeriger Lösung scheidet sich das Magnesiumsulfat mit sieben Molekülen Wasser als das bekannte Bittersalz, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, aus. In den Abraumsalzen tritt es vorzugsweise mit nur einem Molekül Wasser verbunden als Kieserit, $MgSO_4 \cdot H_2O$, auf. Dies ist wieder darauf zurückzuführen, dass sich das Salz aus der an Magnesiumchlorid und anderen leicht löslichen Salzen reichen Mutterlauge ausgeschieden hat und dass diese wasserentziehend wie auf das Calciumsulfat so auch auf das Magnesiumsulfat gewirkt haben. Er kann sich unter diesen Verhältnissen schon bei 25° bilden, während er sonst erst bei 67° aus Bittersalz entsteht.

Kieserit bildet feinkörnige bis dichte, durchscheinende Aggregate von weissgrauer Farbe, die in reinem Zustand ein spezifisches Gewicht von 2,52 besitzen und 87,1% Magnesiumsulfat neben 12,9% Wasser enthalten. An der Luft wird er allmählich trüb und zerfällt in weisses Pulver, weil er in Bittersalz übergeht. Dies, als Mineral Reichardtit genannt, ist in der Region der Abraumsalze immer selten und wohl immer sekundär aus Kieserit entstanden.

In den Abraumsalzen begleitet Kieserit stets den Carnallit und bildet in ihm Schnüre und grössere Nester. Ebenso ist er oft dem Hartsalz beigemischt, das bisweilen aus gleichen Teilen von Kieserit und Steinsalz (je 30—40%) mit etwa 25% Sylvin und 1% Anhydrit besteht und wahrscheinlich zum Teil durch rasche Auslaugung von Carnallit und Kieserit entstanden ist. Möglicherweise ist das Steinsalz nur mechanisch beigemischt und Hartsalz ein nach der Formel $KCl \cdot MgSO_4 \cdot H_2O$ zusammengesetztes Doppelsalz, in dem also die Bestandteile von Sylvin und Kieserit sich zu einer neuen chemischen Verbindung vereinigt hätten.

Nicht ganz so wichtig wie Hartsalz ist Schönit, in dem Magnesiumsulfat mit Kaliumsulfat zu einem Doppelsalz, $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$, verbunden ist. Für ihn ist nachgewiesen, dass er sich nur bei einer unter 26° liegenden Temperatur in dem Salzlager bilden kann und es ist wahrscheinlich, dass er aus Kainit hervorgegangen ist, wenigstens scheidet er sich aus dessen Lösung aus und kommt mit ihnen zusammen vor. In dem Lager von Westeregeln sitzt Schönit als ein bis zu 10 m mächtiger Hut auf dem Kainit, bei Wilhelmshall bildet er das Liegende eines Sylvinlagers.

Ausserhalb der norddeutschen Abraumsalze ist Kieserit von Kalusz in Galizien und von Hallstatt bekannt geworden, von hier auch monokline Kristalle.

Wegen des hohen Kaligehaltes gehört Hartsalz zu den wichtigsten Kalidüngesalzen. Es dient zugleich wie Kieserit zur Konservierung des Stalldüngers, da diese Salze wegen ihres hohen Magnesiagehaltes das aus dem Dünger sich entwickelnde Ammoniak besser binden als Gips, der sonst hierzu viel benutzt wird. Kieserit wird ausser in der Landwirtschaft zur Darstellung von Bittersalz benutzt, das vorzugsweise zur Appretur feiner Baumwollstoffe dient; seine jährliche Produktion beträgt 20—30 000 Tonnen; viel Kieserit wird als Nebenprodukt bei der Darstellung von Chlorkalium aus Carnallit gewonnen, wobei er ungelöst zurückbleibt und sich als feiner Schlamm abscheidet. Durch Aufnahme von Wasser erhärtet dieser und wird in Blöcken geformt als Blockkieserit in den Handel gebracht, zum Unterschied gegen den direkt aus dem Lager geförderten Bergkieserit.

Polyhalit. Der Name dieses Minerals bezieht sich darauf, dass in ihm mehr Salze als in einem gewöhnlichen Doppelsalz enthalten sind, nämlich Kaliumsulfat, Magnesiumsulfat, Calciumsulfat und dazu noch Wasser, seine Formel ist $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$. In reinem Zustand enthält er 28,9% schwefelsaures Kali und hat ein spezifisches Gewicht

Digitized by Google

von 2,72. Der Polyhalit der norddeutschen Abraumsalze ist hellgrau und feinkörnig, der bei Ischl, Hallein und Berchtesgaden vorkommende auch stengelig und ziegelrot.

Polyhalit tritt in der nach ihm benannten unteren Region der Abraumsalze immer mit Steinsalz zusammen auf, so dass dieses der Menge nach bei weitem überwiegt (ca. 90% des Lagers), während Polyhalit in ihm, ähnlich wie Anhydrit, 1—4 cm dicke Schnüre bildet. Im Vergleich zu den anderen Abraumsalzen ist Polyhalit schwer löslich, seine näheren Entstehungsbedingungen sind noch nicht bekannt.

Dem Polyhalit sehr ähnlich ist der Krugit, der dieselben Salze, jedoch vier statt zwei Moleküle Calciumsulfat enthält und weisse oder graue feinkörnige Massen bildet.

An Bedeutung steht Polyhalit gegenüber den andern Abraumsalzen weit zurück.

Bischofit, das äusserst leicht zerfliessliche Magnesiumchlorid, $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, bildet weisse oder gelbliche, körnige und stengelige Aggregate und ist zum Teil als ursprüngliche Bildung gleichzeitig mit Carnallit und Kieserit durch Eindunstung der letzten Mutterlaugenreste entstanden, zum Teil ist er, wie wir gesehen haben, aus Carnallit hervorgegangen, in die tieferen Schichten des Salzlagers eingesickert und dort oft wieder kristallisiert. Eine Verbindung des Magnesiumchlorids mit Calciumchlorid liegt in dem gleichfalls sehr zerfliesslichen Tachhydrit, $2MgCl_2 \cdot CaCl_2 12H_2O$, dem am leichtesten löslichen Salz von allen Stassfurter Abraumsalzen, das dementsprechend nur in den obersten Schichten der Carnallitregion vorkommt, in den meisten Kalibergwerken allerdings völlig fehlt. Es ist festgestellt, dass er sich nur bei einer Temperatur bilden kann, die oberhalb 22° C. liegt, und man muss hieraus schliessen, dass bei der Entstehung der Tachhydrit enthaltenden Abraumsalze mindestens diese Temperatur geherrscht habe; so werfen rein chemische Untersuchungen ein Licht auf das Klima der Vorzeit! Ein solcher Schluss würde natürlich nur erlaubt sein, wenn Tachhydrit sich direkt aus dem Meerwasser abgeschieden hat; sollte er in dem fertigen Salzlager aus andern Salzen durch Umsetzung hervorgegangen sein, so käme das Klima dabei nicht in Betracht, denn in der Erde kann bei gar nicht so grosser Tiefe eine Temperatur von 22° vorkommen.

Bischofit wird ebenso wie das aus Carnallit abgeschiedene Magnesiumchlorid auf Chlor, Salzsäure, Magnesia und Brom verarbeitet; die ersteren Fabrikate werden freilich zur Zeit kaum mehr daraus dargestellt, weil die Verfahren sich nicht lohnen.

Natriumsalze. Während die kalihaltigen Doppelsalze unter den Abraumsalzen eine grosse Rolle spielen, treten die natronhaltigen Doppelsalze sehr zurück, das wichtigste Natronsalz ist in allen Schichten immer das Steinsalz. Einige andere natronhaltige Salze und Doppelsalze, die aus diesem oder jenem Grund nicht ganz übergangen werden dürfen, wollen wir hier nennen. Astrakanit ist ein Doppelsalz von Natriumsulfat und Magnesiumsulfat, $Na_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 4H_2O$, und eins von den wenigen Abraumsalzen, die in schönen, klaren Kristallen vorkommen. Sie gehören dem monoklinen System an, sind aber doch selten; meist kommt auch dies Mineral in körnigen Aggregaten vor, die farblos, gelblich oder rötlich, lachsfarbig, sind, muschligen, etwas splittrigen Bruch haben und wie die andern für das Auge nicht viel bieten. Er bildet unregelmässige, bis ein Meter starke Einlagerungen im Kainit, Hartsalz oder Sylvinit und ist wahrscheinlich nach Ablagerung der Salze durch Umsetzung aus Steinsalz und gelöstem Magnesiumsulfat entstanden. Astrakanit findet sich in den Abraumsalzen von Stassfurt, Leopoldshall und Westeregeln, bei Ischl und Hallstatt und in den Salzseen im Gouvernement Astrachan, wonach er seinen Namen bekommen hat. Ein anderes Doppelsalz, das dieselben Bestandteile in dem gleichen Verhältnis, aber nur $2\frac{1}{2}$ Moleküle Wasser enthält, ist der seltene Loeweit, den wir hier nur erwähnen, weil er sich in den Abraumsalzen nur bei einer über 43° C. liegenden Temperatur bilden kann und uns wie ein Minimalthermometer die Temperatur anzeigt, die wenigstens bei seiner Entstehung ge-

herrscht haben muss. So haben einige Salze, die technisch gar keine Bedeutung haben, doch grosses wissenschaftliches Interesse. Als ein Maximalthermometer für eine andere Bildungsperiode kann uns Glaubersalz, $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$, dienen, das sich aus einer salzreichen Lösung nur bei einer Temperatur bilden kann, die unter 16° C. liegt. In der Tat scheidet es sich aus jetzt bestehenden Salzseen, z. B. auf dem Grund der Adschidarja-Bucht an der Ostküste des Kaspischen Meeres, nur in der kalten Jahreszeit aus, während sich in der warmen Jahreszeit mehr Steinsalz bildet. Aus diesem Grund wird die Glaubersalzfabrikation nur im Winter betrieben. Aus den Abraumsalzen ist es wohl immer durch spätere Umsetzung entstanden und hat, weil es da nur in geringer Menge auftritt, keine weitere Bedeutung. In grösserer Menge findet es sich bei Logroño in Spanien, bei Bompensieri auf Sizilien und in einigen andern Gegenden; die grossen Massen des für die Grossindustrie erforderlichen Glaubersalzes aber werden, wie wir gesehen haben (Seite 364), in Fabriken dargestellt. Wenn das Natriumsulfat über 16° aus salzreichen Lösungen kristallisiert, so scheidet es sich wasserfrei als Thenardit ab, der einfache rhombische Pyramiden bildet, wie wir an der naturgetreuen Abbildung in Figur 12 der Tafel 78 sehen. Sie sind an sich wasserhell, werden aber leicht an der Luft durch Wasseraufnahme trüb. In den eigentlichen Abraumsalzen kommt Thenardit im ganzen selten vor, häufiger in den Ausscheidungen von Borax- und Sodaseen in Nevada, Kalifornien und Arizona und besonders in den Salpeterlagern von Chile, von wo auch der hier abgebildete Kristall stammt. In dem Glauberit ist Natriumsulfat mit Calciumsulfat nach der Formel $Na_2SO_4 \cdot CaSO_4$ vereinigt. Während er in unseren Abraumsalzen nur derb vorkommt, kennt man aus dem Salzlager von Villa rubia in Spanien und aus dem Borax Lake in Kalifornien schöne und grosse monokline Kristalle. Sie haben ein spezifisches Gewicht von 2,7—2,8, sind farblos, weiss oder gelb und optisch dadurch ausgezeichnet, dass die Hyperbeln, die eine geeignet geschliffene Platte im konvergenten polarisierten Licht gibt (Tafel 4, 4), sich beim Erwärmen nähern und berühren. Schliesslich wollen wir erwähnen, dass ein in den Abraumsalzen von Wilhelmshall bei Anderbeck neu entdecktes Doppelsalz von Natriumsulfat und Magnesiumsulfat, $3Na_2SO_4 \cdot MgSO_4$, zu Ehren des berühmten Chemikers van't Hoff, der in die verwickelten Bildungsverhältnisse der Salzlager Licht gebracht hat, den Namen Vanthoffit erhalten hat.

Borazit. In den leicht löslichen Abraumsalzen, aber auch im Gips und Anhydrit, kommt ein Mineral oft in recht beträchtlichen Mengen vor, das nach unseren gewöhnlichen Begriffen in Wasser unlöslich ist, aber doch sicher aus Wasser ausgeschieden ist und darum zuvor in ihm gelöst gewesen sein muss, das ist der Borazit. Nach seiner Schwerlöslichkeit in Wasser würde er nicht hierher gehören, wegen seines Auftretens aber in den Abraumsalzen geben wir ihm hier seinen Platz und lassen einige andere an Bor reiche Mineralien ihm folgen.

Borazit nimmt in mannigfacher Hinsicht unser Interesse in Anspruch, besonders durch seine Form und sein damit in Widerspruch stehendes optisches Verhalten. Seine Kristalle (Tafel 70, 9—12) sind immer klein, solche mit mehr als einen Centimeter Kantenlänge gehören schon zu den Seltenheiten; ihre Form ist regulär tetraedrisch, bald sind es einfache und scharfe kleine Tetraeder, bald flächenreichere Kristalle, an denen Tetraeder, Würfel oder Rhombendodekaeder vorherrschend, die andern Flächen dann untergeordnet auftreten. Wenn die Gestalt bei diesen auch vollflächig scheint, so ist die Hemiedrie doch aus der Zahl der Flächen zu erkennen. So sehen wir in der Textfigur 244 einen würfeligen Kristall mit Rhombendodekaeder und Tetraeder, ihm entspricht Kristall 11 auf Tafel 70, nur sind da die Flächen des Rhombendodekaeders noch breiter; an dem Kristall der Figur 10 ist ausser dem Tetraeder auch das Gegentetraeder vorhanden, sodass er wie eine Kombination von Würfel, Rhombendodekaeder und Oktaeder aussieht, aber die

Oktaederflächen sind untereinander verschieden, die einen glänzend, die andern matt, und man erkennt hieraus, dass sie aus Tetraeder und Gegentetraeder bestehen. Die Textfigur 245 zeigt dieselben Flächen wie Figur 244, nur sind hier die Dodekaederflächen gross, die Würfelflächen klein, ihr entspricht am meisten der Kristall in Figur 9 der Tafel 70, während die eingewachsenen Kristalle in Figur 12 nur von dem Dodekaeder begrenzt sind.

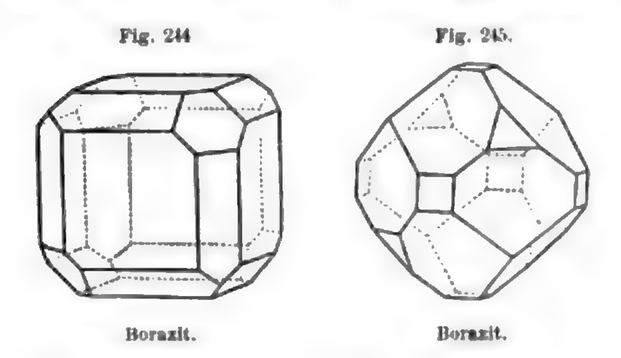


Fig. 244 Borazit. Fig. 245. Borazit.

Nach der regulären Form sollte man erwarten, dass Borazit einfachbrechend sei, er ist aber recht kräftig doppelbrechend und ein Dünnschliff leuchtet im polarisierten Licht in den lebhaftesten Farben. Die Mineralogen konnten für dieses Verhalten lange keine Erklärung finden, bis der französische Forscher E. Mallard die Entdeckung machte, dass die Doppelbrechung bei 265° völlig verschwindet, um beim Abkühlen wiederzukehren, oberhalb der genannten Temperatur ist Borazit demnach einfachbrechend, unterhalb 265° aber doppelbrechend und er verhält sich da so, als ob er aus mehreren rhombischen, zwillingsartig durcheinandergewachsenen Individuen bestünde. Die Erscheinung erklärt sich dadurch, dass die Borazitsubstanz dimorph ist und dass die eine Modifikation innerhalb der Form bei 265° in die andere übergeht. Nach der Form muss man annehmen, dass Borazit sich als regulärer Kristall gebildet habe und dass dann später innerhalb seiner Form die Teilchen sich umgelagert haben, so dass sie sich nunmehr optisch wie rhombische Kristalle verhalten; unterhalb 265° sind diese beständig, oberhalb 265° aber die reguläre Modifikation und die Umwandlung tritt bei dieser Temperatur so bestimmt ein, wie etwa die von Eis in Wasser bei 0°. Man wird fragen, warum hat sich Borazit nicht gleich von Anfang an als rhombischer Kristall mit rhombischer Form gebildet, warum hat er reguläre Form angenommen, obwohl diese erst bei hoher Temperatur beständig ist und er sich doch gewiss nicht bei so hoher Temperatur gebildet hat? Denn sein Vorkommen in Gips und Carnallit weist mit Sicherheit darauf hin, dass er bei verhältnismässig niederer Temperatur entstanden ist. Dass bei niederer Temperatur von einer dimorphen Verbindung zunächst die bei höherer Temperatur beständige Modifikation sich bildet, ist gar nicht so selten, wir werden bei Kalisalpeter (Seite 380) ein Beispiel dafür kennen lernen; ungewöhnlich bei Borazit ist nur, dass die eine Modifikation sich innerhalb der Form in die andere umwandelt, dass die Form von den Aenderungen, die sich in ihrem Rahmen abspielen, nicht in Mitleidenschaft gezogen wird. Es liegt also bei Borazit Dimorphie der Substanz vor derart, dass die bei höherer Temperatur beständige reguläre Modifikation sich bei niederer Temperatur gebildet und die Form geschaffen hat, und dass innerhalb dieser Form die Substanz rhombisch geworden ist, um oberhalb 265° regulär und einfachbrechend zu werden. Wer diese interessanten Verhältnisse genauer studieren will, bedient sich am besten eines Mikroskopes, das zum Erhitzen der Präparate eingerichtet ist und von der Firma Voigt & Hochgesang in Göttingen geliefert wird. Um hierin den Uebergang einer Modifikation in eine andere zu beobachten, wird er am besten salpetersaures Ammoniak benutzen und ein paar Körnchen auf einem Objektträger schmelzen und mit Deckgläschen bedecken. Aus dem Schmelzfluss kristallisiert dies Ammoniaksalz regulär, wird bei 125° rhomboedrisch und doppelbrechend, bei 83° rhombisch; bei 35° geht sogar diese rhombische Modifikation noch einmal in eine andere rhombische über und den Uebergang erkennt man im polarisierten Licht daran, dass sich in demselben Moment die Doppelbrechung und damit die

Digitized by Google

Polarisationsfarbe ändert. Um dies zu beobachten, bedarf man nicht einmal des besonderen Erhitzungsmikroskops, in jedem mit Polarisationseinrichtung versehenen Mikroskop kann man die Beobachtung anstellen, man braucht nur den Objektträger mit dem geschmolzenen Präparat darunter zu schieben und wird dann sehen, wie sich bei der Abkühlung immer ruckweis das Bild ändert, jede Aenderung kündigt den Uebergang der einen Modifikation in die andere an. Wenn ich das erkaltete Präparat im Erhitzungsmikroskop erwärme, so gehen dieselben Umwandlungen rückläufig vor sich und bei 125° wird das Gesichtsfeld dunkel, weil das Salz regulär und damit einfachbrechend geworden ist. Solche dimorphe Körper, deren Modifikationen durch Temperaturänderung beliebig ineinander übergeführt werden können und eine bestimmte Umwandlungstemperatur besitzen, nennt man nach Vorschlag von O. Lehmann, der diese Verhältnisse zuerst richtig erkannt hat, enantiotrop. Die Substanz von Borazit ist demnach enantiotrop dimorph; ein anderes Beispiel hierfür haben wir in Leuzit kennen gelernt, mit dem Unterschied, dass bei ihm die Umwandlung erst mit beginnender Rotglut eintritt und darum nur mit besonderen Apparaten beobachtet werden kann.

Die Kristalle von Borazit sind glasglänzend und durchsichtig oder matt und trüb, weiss, grau oder gelblich, ihr spezifisches Gewicht beträgt 2,9—3,0, ihre Härte erreicht die von Quarz. Ausser den in Carnallit und Gips eingewachsenen und darum ringsum ausgebildeten Kristallen kommt Borazit nesterweis in den obersten Schichten des Stassfurter Salzlagers in erdigen weissen, wie Schreibkreide aussehenden, bis kopfgrossen Knollen vor, die nach dem Fundort den Namen Stassfurtit bekommen haben, weil man zuerst nicht wusste, dass sie die gleiche chemische Zusammensetzung wie der Kristallborazit haben.

Borazit enthält Magnesia, Borsäure und Chlor und man kann annehmen, dass diese Stoffe als borsaure Magnesia und Magnesiumchlorid in ihm nach der Formel $2Mg_3B_8O_{15} . MgCl_2$ vereinigt seien; der Gehalt an Borsäure (B_2O_3) beträgt $62^1/_2$%. In Salzsäure ist er löslich, in Wasser so gut wie unlöslich, die näheren Bedingungen, unter denen er entstanden sein mag, kennt man nicht.

Die grössten Borazitkristalle finden sich in Gips am Kalkberg bei Lüneburg in Hannover und von hier stammen die auf unserer Tafel abgebildeten Kristalle. Kleinere finden sich im Gips bei Segeberg in Holstein, scharfe klare Tetraeder und Würfel mit Tetraeder kommen bis zu mikroskopischer Kleinheit herunter in dem Carnallit von Stassfurt vor, hier auch schwach grünliche Tetraeder des eisenhaltigen Eisenborazits. Noch manche andere Borate kommen in den Abraumsalzen vor, sie sind aber selten und wir übergehen sie hier.

Von dem erdigen Borazit werden jährlich einige Tausend Zentner gefördert und zur Herstellung von Borax und Borsäure-Chemikalien benutzt.

Im Anschluss an Borazit nennen wir hier noch einige andere an Bor reiche Mineralien, die zwar nicht in den Abraumsalzen vorkommen, aber sich doch zum Teil aus Salzseen ausgeschieden haben und wie Borazit verarbeitet werden. Borax oder Tinkal ist das nach der Formel $Na_2B_4O_7 . 10H_2O$ zusammengesetzte borsaure Natron, ein unseren Hausfrauen wohlbekanntes Salz. Er bildet monokline, in ihrer Gestalt dem gemeinen Augit auffallend ähnliche Kristalle, mit einem Vertikalprisma von 87°, dessen vordere und seitliche Kante durch die Pinakoide abgestumpft sind und das am Ende von der Basis und einem hinteren schiefen Prisma begrenzt ist. Die Kristalle sind im frischen Zustand farblos durchsichtig, werden aber an der Luft durch Wasserverlust trüb und matt und zerfallen zu weissem Pulver. An der Flamme schmilzt Borax leicht unter Aufschäumen zu klarem farblosem Glas, das Metalloxyde leicht löst und von vielen gefärbt wird; darum wird die an einem Platindraht geschmolzene Boraxperle zum Nach-

weis von Metallen bei der Lötrohrprobe viel gebraucht. Auf seiner Eigenschaft, Metalloxyde zu lösen, beruht auch die Verwendung von Borax beim Löten von Metall; er befreit die Lötstelle von der Oxydschicht und bewirkt, dass das geschmolzene Metall, »das Lot«, das andere benetzt und nach dem Erkalten fest an ihm haftet. Parallel zur Symmetrieebene aus einem Boraxkristall geschnittene Platten geben im konvergenten polarisierten Licht das Interferenzbild zweiachsiger Kristalle (Tafel 4, 3 und 4), in dem bei Betrachtung im weissen Tageslicht die Farben kreuzweis gleich erscheinen; man nennt diese Dispersion die gekreuzte Dispersion und Borax bietet das beste Objekt zu ihrer Demonstration; es ist nicht schwer, ein gutes Präparat sich selbst herzustellen. In Wasser ist Borax verhältnismässig leicht löslich und kommt in einigen Seen, den Boraxseen, in so beträchtlicher Menge gelöst vor, dass sich in dem eintrocknenden Schlamm am Ufer Boraxkristalle ausscheiden; so in Tibet, Kalifornien und Nevada, oft begleitet von Thenardit und andern Sulfaten und Karbonaten, darunter der aus Calciumkarbonat und Natriumkarbonat bestehende Gay-Lussit $CaCO_3 \cdot Na_2CO_3 \cdot 5H_2O$.

Boronatrocalcit oder Ulexit bildet weisse, aus perlmutterglänzenden Blättchen zusammengesetzte erdige Knollen in dem Decksand der Salpeterlager von Chile und wird dort wegen seines Aussehens Tiza, Kreide, genannt. Er ist nach der Formel $NaCaB_5O_9 \cdot 6H_2O$ zusammengesetzt und enthält 46 % Borsäure (B_2O_3), die aus ihm dadurch gewonnen wird, dass er mit Schwefelsäure aufgeschlossen und die Borsäure in der Hitze durch Wasserdampf ausgetrieben wird. Der ähnliche Pandermit ist wasserhaltiges Calciumborat, $Ca_2B_6O_{11} \cdot 3H_2O$, und kommt auf der Insel Panderma an der Südküste des Schwarzen Meeres vor. Beide werden durch Kochen mit Sodalösung in Borax übergeführt, direkt für sich werden sie nicht verwendet.

Sassolin ist Borsäure in freiem Zustande und nach der Formel H_3BO_3 zusammengesetzt. Er bildet feine, perlmutterglänzende weisse oder gelbliche Schüppchen, die sehr weich sind und sich darum fettig anfühlen. Sassolin ist in kaltem Wasser schwer, in heissem leicht löslich, sodass das rohe Mineral durch Umkristallisieren gereinigt werden kann. Mit Wasserdampf ist Borsäure leicht flüchtig und diese Eigenschaft spielt eine wichtige Rolle bei ihrer Entstehung und ihrer Gewinnung. Bei Sasso in Toskana und in einem Landstrich zwischen Volterra und Massa maritima in den italienischen Provinzen Pisa und Grosetto strömen heisse, an Borsäure reiche Wasserdämpfe aus der Erde hervor, die zur Gewinnung der Borsäure in Wasser geleitet werden, in dem sie sich verdichten und aus dem die Borsäure durch Eindampfen gewonnen wird. Um sie völlig rein darzustellen, wird die Borsäure in Borax übergeführt und dieser durch Salzsäure zersetzt; die Borsäure wird dadurch wieder frei und scheidet sich als rein weisses feinschuppiges Pulver aus. Ausser in dem genannten Gebiet kommt Borsäure an manchen Vulkanen vor, besonders auf Volcano, einer der liparischen Inseln. Ein Erkennungsmittel für Borsäure ist die grüne Färbung, die sie der Flamme erteilt; Spiritus mit Borsäurepulver versetzt, brennt mit grünlichem Flammensaum.

Ausser in den hier genannten Mineralien haben wir Borsäure als Bestandteil von Turmalin, Axinit und Datolith kennen gelernt; sie kommt auch noch in einigen andern Mineralien vor, so in dem schön kristallisierten farblosen Colemanit, dem Calciumborat $Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$ aus San Bernardino Co. in Kalifornien und andern seltenen Mineralien, die wir hier übergehen.

Verwendung. Aus den genannten Bormineralien wird vor allem Borax, aus Sassolin ausserdem reine Borsäure dargestellt. Borax wird zur Darstellung von Glanzstärke in grosser Menge verbraucht, in der Glasindustrie als Zusatz zu manchen Glasarten, in der Tonwarenindustrie zur Glasur der feineren Fayence und als Zusatz zu manchen Porzellanfarben verwendet. Borsäure wird als Arzneimittel, zum Konservieren

von Fleischwaren, zur Darstellung von Flintglas und Edelsteinimitationen, in der Kerzenfabrikation und andern Industriezweigen benutzt. Die Gesamtproduktion der Erde an Borax und Borsäure beträgt etwa 14000 Tonnen, davon entfallen ungefähr 3000 Tonnen auf die Borsäurefumarolen Toskanas.

Salpeter.

Salpeter heissen die salpetersauren Salze. In der Natur kommt besonders das salpetersaure Natron, $Na\,NO_3$, der Natronsalpeter und das salpetersaure Kali, KNO_3, der Kalisalpeter vor. Der aus altem Gemäuer an Ställen bisweilen ausblühende Kalksalpeter spielt als Mineral gar keine Rolle. Das zur Herstellung von Grünfeuer benutzte salpetersaure Baryum ist immer ein Fabrikprodukt, das aus wässriger Lösung in schönen, klaren, regulären und einfachbrechenden Kristallen kristallisiert; es ist isomorph mit dem ebenso kristallisierenden salpetersauren Blei. Aus den gemischten Lösungen dieser beiden Salze kristallisieren Mischkristalle, die gleichfalls regulär, aber nicht mehr einfachbrechend, wie die reinen Salze, sondern doppelbrechend sind. Diese optische Anomalie wird durch die Annahme erklärt, dass der feine Bau der Kristalle durch den Eintritt der Beimischung gestört sei; die Form ist regulär geblieben, die Beimischung aber hat auf die Lichtbewegung einen gewissen Einfluss ausgeübt, der in der Doppelbrechung der Kristalle zum Ausdruck kommt. Auf die gleiche Ursache lässt sich die bei Granat bisweilen vorhandene Doppelbrechung zurückführen. — Uns wird im folgenden nur Natronsalpeter und Kalisalpeter beschäftigen.

Natronsalpeter.* In rohem Zustand ist Natronsalpeter ein sehr unscheinbares Mineral, ein Gemenge von Salpeter mit Steinsalz und anderen Salzen, mit Sand und Ton, und bildet in diesem Zustand eine feste körnige, Caliche genannte Masse. Je nach den Beimengungen ist er weiss, grau, braun oder gelb. Der reinste weisse Rohsalpeter enthält bis zu 75 % Salpeter, daneben 20 % Steinsalz, der braune bis zu 50 % Salpeter und 40 % Steinsalz, daneben andere Salze, Ton, Sand und meist etwas Guano. Unter den begleitenden Salzen treffen wir manches, das wir schon als Begleitmineral von Steinsalz und unter den Abraumsalzen kennen gelernt haben, so Sylvin, Thenardit, Glaubersalz, Glauberit, Bittersalz, Bischofit, Anhydrit und Gips; der Borazit ist durch Boronatrocalcit vertreten. Ausserdem kommen in den Salpeterlagern auch jodhaltige Mineralien vor, zwar nur in geringer Menge, aber bei den grossen zur Verarbeitung gelangenden Massen doch so viel, dass der Rohsalpeter zur wichtigsten Quelle für Jod geworden ist, das für sich und in Verbindungen als Jodkalium und Jodoform viel gebraucht wird; das Methylenjodid, das wir zum Bestimmen des spezifischen Gewichtes empfohlen haben (S. 50), ist durch seinen hohen Jodgehalt so schwer, aber auch so teuer; die Tonne Jod kostet ungefähr 24500 Mark und Chile fabrizierte im Jahre 1901 2460 Tonnen. Das Jod ist in den Salpeterlagern an Kalk (im Lautarit $Ca\,J_2O_6$) oder Natron verbunden, die Mineralien an sich treten völlig zurück, es wird aus den bei der Reinigung des Salpeters verbleibenden Mutterlaugen gewonnen.

Die Reinigung des Rohsalpeters gründet sich darauf, dass Salpeter in Wasser leicht löslich ist und dass sich seine Löslichkeit mit der Temperatur stark ändert. Bei 0° lösen 100 g Wasser 73 g Salpeter, bei 100° aber 180 g, bei 110° gar 200 g auf, so dass aus einer heiss gesättigten Lösung Salpeter in Menge kristallisiert und durch Umkristallisation

* Ochsenius, Die Bildung des Natronsalpeters aus Mutterlaugensalzen. 1887.

völlig rein erhalten werden kann. Der reine Salpeter enthält 63,53 % Salpetersäure (NO_3) oder 16,47 % Stickstoff, schmilzt bei 320° und färbt die Flamme gelb, ist völlig flüchtig und verpufft, wenn er mit Kohlenpulver erhitzt wird. An der Luft zieht er Wasser an und zerfliesst; er schmeckt salzig kühlend.

Die aus der Lösung angeschossenen Kristalle sind Rhomboeder und haben in allen ihren Eigenschaften ganz auffallend viel Aehnlichkeit mit Kalkspat; sie sind wie dieser nach den Rhomboederflächen leicht spaltbar, die Flächen schneiden sich unter 106° 30′ (bei Kalkspat unter 105° 5′), die Doppelbrechung ist ungewöhnlich stark; für Natriumlicht ist der Brechungsexponent des ordentlichen Strahles 1,587, der des ausserordentlichen 1,336. Wegen dieser starken Doppelbrechung kann Natronsalpeter zu Polarisationsprismen benutzt werden, leider aber enthalten seine sonst farblosen und vollkommen klaren Kristalle immer Einschlüsse von Mutterlauge und sind nicht so homogen, wie es für Polarisationsprismen notwendig ist. Alle Versuche, klare, grosse und homogene Kristalle zu züchten, haben bisher zu keinem befriedigenden Ergebnis geführt und es ist noch nicht gelungen, den immer seltener und teurer werdenden klaren isländischen Doppelspat zu ersetzen.

Vorkommen. Natronsalpeter kommt in ausgedehnten Lagern in Chile vor und hat daher den Namen Chilesalpeter bekommen; die Lager sind um das Jahr 1825 entdeckt und seitdem in immer steigendem Masse ausgebeutet worden. Er tritt in den regenlosen Distrikten des nördlichen Chile, besonders in den Provinzen Tarapacá und Antofagasta auf, wo sich die Salpeterfelder in einer Meereshöhe von 600—1500 m in Talbecken und Mulden auf eine Länge von fast 140 Meilen von Norden nach Süden hinziehen. Die Oberfläche ist meist mit schneeartigen Ausblühungen von unreinem Glaubersalz bedeckt, das als weithin sichtbares Kennzeichen für Salpeterlager dient. Ihre oberste Decke besteht aus einem aschgrauen, durch Salz verkitteten Sand, darauf folgt der Caliche, dessen Mächtigkeit fast nie 1,5 m übersteigt. Den Untergrund bilden lockere, geologisch sehr junge Gerölle.

In der neuesten Zeit sind ausgedehnte Lager von Natronsalpeter in Kalifornien und Nevada entdeckt worden. Die kalifornischen Nitratlager liegen in der Mohavewüste, die sich von dem nördlichen Teile der San Bernardino County nach dem nördlichen Gebiet der Inyo County hin ausdehnt, an den Ufern eines eingetrockneten Sees, dessen frühere Fläche unter dem Namen »Death Valley« bekannt ist. Die Lagerstätten sollen 15—40 % Salpeter enthalten und einige der unter Tage anstehenden Lager eine Mächtigkeit von 3—10 Fuss erreichen. Auf den Markt kommt dieser Salpeter bis jetzt nicht.

Auch in Aegypten findet sich eine salpeterführende Tonschicht, die vermutlich schon seit alten Zeiten zum Düngen des Kulturbodens ausgebeutet wird. Es ist der sogenannte Tafle der Gegend von Maalla und Esneh am Nil in Oberägypten, ein Ton, der 13—18 % Natronsalpeter und ebensoviel Kochsalz enthält. Für den Weltmarkt kommt dies Vorkommen nicht in Betracht.

Entstehung. Die Entstehung des Natronsalpeters in Chile ist noch in Dunkel gehüllt. Die begleitenden Mineralien weisen darauf hin, dass die Salze ursprünglich aus dem Meere abgeschieden sind, dass es ursprünglich Teile eines Salzlagers waren, das sich jetzt wahrscheinlich nicht mehr auf seiner ersten Lagerstätte befindet. Das Auftreten der Salpetersäure und der im Caliche enthaltenen jodsauren Salze beweist, dass ungewöhnlich kräftige Oxydation stattgefunden hat, aber das Mittel, welches sie bewirkt hat, kennen wir nicht. Vielleicht darf man mit W. Ostwald vermuten, dass zur Zeit der Bildung dieses Salzes eine Ursache tätig gewesen ist, durch welche ungewöhnlich grosse Mengen Ozon entstanden sind; dessen Wirkung würde die Entstehung dieser hochoxydierten Stoffe aus irgendwelchen vorhandenen Natriumverbindungen verständlich machen.

Produktion. Die Ausfuhr von Salpeter aus Chile, die im Jahre 1830 nur 800 Tonnen betrug, war im Jahre 1900 auf 1430000 Tonnen gestiegen; davon entfielen 1129000 auf Europa und 185000 auf Amerika. Ein beträchtlicher Teil wird in den Stassfurter Fabriken in Kalisalpeter umgewandelt und wandert als solcher wieder in das Ausland. Die Ausfuhr aus Chile ist mit einem hohen Zoll belastet, der dem Lande in einem Jahre 16 bis 17 Millionen Dollar einbringt.

Verwendung. Natronsalpeter wird in der Landwirtschaft als Düngemittel in grossen Mengen verbraucht, da er im Vergleich zu seiner Wirkung das beste und billigste Stickstoffnahrungsmittel für Getreide und Rüben ist. Ammoniumsalze, die bei der Verkokung von Steinkohlen und in der Gasfabrikation als Nebenprodukt gewonnen werden, enthalten den Stickstoff in einer weniger leicht assimilierbaren Form und sind daher als Düngesalze viel weniger brauchbar. Das Deutsche Reich allein verbraucht jährlich an Düngstoffen etwa 350000 Tonnen Chilesalpeter und 90000 Tonnen Ammoniumsulfat, dazu 600000 Tonnen Kalisalze und die Phosphate, die wir später noch kennen lernen werden. Solche Mengen von Salpeter werden in keinem andern Lande von der Landwirtschaft verbraucht. Aus einem andern Teil von Salpeter wird durch Umsetzung mit Chlorkalium Kalisalpeter, durch Umsetzung mit Chlorbaryum Baryumnitrat hergestellt (siehe bei Schwerspat). Aus dem dritten grossen Teil wird durch Zersetzung mit Schwefelsäure Salpetersäure dargestellt. Ausserdem wird Natriumnitrat durch Schmelzen mit metallischem Blei in Natriumnitrit übergeführt, das in der Farbenindustrie massenhaft verwendet wird; aus dem dabei entstehenden Bleioxyd wird Mennige dargestellt.

Man hat ausgerechnet, dass in etwa 50 Jahren der Salpetervorrat Chiles erschöpft sein wird und Befürchtungen für die Zukunft der Landwirtschaft, die Salpeter als Düngemittel nicht mehr entbehren kann, daran geknüpft. Es ist aber zu hoffen, dass es bis dahin der Chemie gelungen sein wird, den trägen Stickstoff der Atmosphäre in die kräftig wirkende Salpetersäure überzuführen. Es stünde dann eine unerschöpfliche Stickstoffquelle zur Verfügung.

Kalisalpeter. Bis zur Entdeckung der Salpeterlager Chiles wurde der Bedarf an Salpeter durch Kalisalpeter gedeckt; er kommt zwar nirgends in so ausgedehnten und mächtigen Lagern vor, ist dafür aber viel verbreiteter und fehlt fast nirgends wo Menschen wohnen. Da, wo Holzasche oder Kalisilikate, wie Feldspat, und Abfallsprodukte zusammentreffen, sind die Bedingungen für Salpeterbildung gegeben; die Asche oder der Feldspat enthalten das nötige Kali, die Abfallsprodukte, Mist und Jauche, enthalten den Stickstoff als Ammoniumverbindung, und Mikroorganismen, die in dem Boden gedeihen, führen die Ammoniumverbindung in Salpetersäure über, so dass ein kleines Lebewesen, Nitromonas genannt, den Salpeter aus den im Boden enthaltenen Stoffen erzeugt. In der trockenen Jahreszeit bildet er lockere Ausblühungen auf dem Boden und wird durch Zusammenkehren als Kehrsalpeter, sonst durch Auslaugung aus dem Boden gewonnen. Zur Zeit lohnt sich dies nur für die Gegenden, in denen er in grösseren Massen sich findet, da er die Konkurrenz mit dem aus Natronsalpeter hergestellten bei weitem Transport nicht bestehen kann.

Der rohe Kalisalpeter ist grau, faserig oder erdig und stark verunreinigt, der in Wasser umkristallisierte ist farblos und rein und um so reiner, in je kleineren Kristallen er zur Abscheidung gelangt. Wie die Kristalle von Natronsalpeter mit Kalkspat, so haben die von Kalisalpeter mit der andern Modifikation des kohlensauren Kalkes, mit Aragonit, die grösste Aehnlichkeit: die für Aragonit gegebene Textfigur würde auch für Kalisalpeter passen, er bildet rhombische prismatische Kristalle, die bald einfach sind wie der Aragonit in Figur 1 auf Tafel 74, bald Drillinge bilden wie der Aragonit in den Figuren 5—8. Breiten wir einen Tropfen der ein wenig erwärmten und übersättigten

Lösung von Kalisalpeter auf einem Objektträger aus und beobachten die Kristallisation unter dem Mikroskop im polarisierten Licht, so bietet sich uns ein interessantes Schauspiel dar: Am Rande des Tropfens entstehen zuerst kleine Tafeln mit rhombischem Umriss, das sind Rhomboeder, die auf einer Fläche liegen; bald darauf entwickeln sich spiessige Kristalle, die schnell wachsen und in kurzem die Rhomboeder erreichen. Sobald dies geschieht, geht ein Zucken durch den rhomboedrischen Kristall, sein vorher scharfer Umriss wird unscharf und aus seinen Seiten schiessen spiessige Kristalle hervor. Die letzteren gehören dem rhombischen Kalisalpeter an und sind beständig, die andern gehören einer rhomboedrischen Modifikation an und sind unbeständig, sie haben sich bei der Verdunstung zuerst gebildet, müssen aber bald den beständigen rhombischen Kristallen weichen. Erst bei 129° kehrt sich die Beständigkeit um und es gehen die rhombischen Kristalle in die rhomboedrische Modifikation über. Wir haben also hier ein Beispiel dafür, dass sich von zwei Modifikationen zuerst die unbeständige bildet und später in die beständige übergeht. Was wir bei Borazit mehr als Hypothese angenommen haben (Seite 374), können wir hier als Tatsache leicht beobachten.

In grösseren Mengen kommt Kalisalpeter vor allem in Ostindien, aber auch in Ungarn, Algier, mit Natronsalpeter zusammen in Chile und vielen andern Ländern vor. Dass auch in solchen Ländern, die für gewöhnlich gar keinen Salpeter liefern, erhebliche Mengen gewonnen werden können, hat Frankreich gelehrt. Als dort durch die politischen Verhältnisse im Ausgang des 18. Jahrhunderts grösster Mangel an Salpeter und damit an Schiesspulver eingetreten war, erliess der Wohlfahrtsausschuss einen Appell an die Wissenschaft und Monge empfahl, ihn aus dem eigenen Boden zu nehmen, aus den Ställen, den Kellern und den Aborten. »Gebt uns salpeterhaltige Erde und drei Tage darauf werden wir Kanonen damit laden.« Der Erfolg war überraschend, der Bedarf der Pulverfabriken konnte aus einheimischem Salpeter gedeckt werden, in neun Monaten gewann man zwölf Millionen Pfund. Heute wird, wie wir gesehen haben, der meiste Kalisalpeter aus Natronsalpeter und Chlorkalium hergestellt und besonders zu Schiesspulver und in der Feuerwerkerei benutzt, wozu sich der Natronsalpeter nicht eignet, weil er Wasser anzieht.

Flussspat oder Fluorit.

Die zuletzt besprochenen Mineralien boten für das Auge sehr wenig, zum Abbilden eignen sie sich nicht, ihre Bedeutung liegt nicht in der Form oder in ihren physikalischen Eigenschaften, sondern in ihrem chemischen Bestand und der Massenhaftigkeit ihres Vorkommens. In Flussspat lernen wir wieder ein Mineral kennen, das sich durch seine hervorragenden Eigenschaften an die schönsten früher besprochenen anreiht, schöne grosse Kristalle wetteifern miteinander an Klarheit und Farbenpracht. Und doch hat Flussspat auch für die Industrie seine Bedeutung; wie Steinsalz und die Abraumsalze das Chlor und Brom, Salpeter das teure Jod liefern, so liefert Flussspat und der folgende Kryolith das Fluor für die ätzende Flusssäure. Diese vier Elemente, welche die ausgesprochenen Salze bilden, werden darum die halogenen Elemente, ihre Salze die Haloide genannt.

Wenn wir einen Blick auf unsere Tafel 71 werfen, so erkennen wir leicht, dass die Kristalle von Flussspat dem regulären System angehören. Seine häufigste Kristallform ist der Würfel (Tafel 71, Figur 6—8, 11 und 12), auch das Oktaeder ist nicht selten, aber während die Würfelflächen immer glänzend sind, sind die vom Oktaeder meist matt,

Digitized by Google

einerlei ob es für sich allein (Tafel 1, Figur 5, Tafel 71, Figur 2 und 3) oder in Kombination mit dem Würfel (Tafel 1, Figur 3 und Tafel 71, Figur 5) auftritt. Eine andere, für Flussspat recht charakteristische Kombination ist die von Würfel mit einem Achtundvierzigflächner (4*O*2), die wir in Figur 9 der Tafel 71 erkennen und die uns Textfigur 246 erläutert, in der *a* die Würfelflächen, *t* die Flächen eines Achtundvierzigflächners sind. Auch Würfel mit Rhombendodekaeder oder mit Pyramidenwürfel treten auf, alle meist so, dass der Würfel Träger der Kombinationen ist.

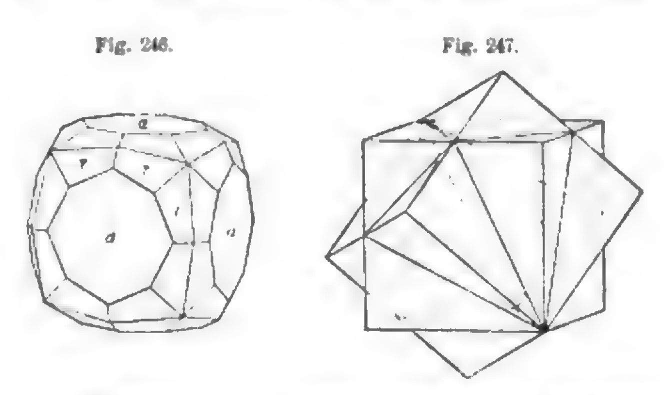


Fig. 246. Flussspat. Fig. 247. Durchkreuzungszwilling von Flussspat.

Zwillinge kommen besonders bei den englischen Flussspaten vor, zwei Würfel durchkreuzen sich so, dass die Ecke des einen eine Fläche des andern durchbricht (Tafel 71, Figur 8, 10 und 13), beide aber eine Oktaederfläche gemeinsam haben (Textfigur 247). Da wo der eine Würfel die Flächen des andern durchbricht, setzt oft eine Streifung ein oder die Fläche erhebt sich zu einer flachen Pyramide, deren Spitze an der Ecke des herausragenden Kristalls liegt.

Parallel zu den Oktaederflächen lässt sich Flussspat leicht spalten, so dass man regelmässige oktaedrische Spaltungsstücke (Tafel 1, 6 und Tafel 71, 1) aus ihm herstellen kann, und während die natürlichen Oktaederflächen rauh und matt sind, sind die Spaltungsflächen glatt und glänzend.

Flussspat zeigt vielleicht von allen Mineralien die mannigfaltigste Färbung, die Abbildungen auf Tafel 71 geben davon eine Vorstellung, aber dazu ist zu bemerken, dass jede Farbe wieder in vielen Nuancen auftritt, von dem hellsten Gelb bis zu dunklem Weingelb, von lichtem Violett bis zu dunklem Violett, von dem zartesten Grün bis zu sattem Blaugrün, und nicht selten so, dass an einem Kristall verschiedene Farben zusammenwirken; der Kristall in Figur 11 auf Tafel 71 ist im Innern gelb, aussen blau, der in Figur 12 ist an den Kanten violett, bei dem in Figur 2 ist blaue Farbe besonders an den Ecken angehäuft, aber auch in unregelmässigen Flecken im Innern verteilt, das in Figur 14 abgebildete kleine Stück zeigt grüne Streifen, abwechselnd mit Violett und Weiss. Nicht genug mit dieser Farbenmannigfaltigkeit besitzen viele Flussspatkristalle noch die merkwürdige Eigenschaft, dass sie im durchfallenden Licht eine andere Farbe zeigen als im zurückgeworfenen Licht, eine Eigenschaft, die nach diesem Mineral als Fluoreszenz bezeichnet wird. So ist der in Figur 10 auf Tafel 71 abgebildete Flussspat im durchfallenden Licht grün, im reflektierten aber blau; im Bild lässt sich dies freilich nicht wiedergeben, nur schwach ist die Erscheinung angedeutet. In dieser schönen, oft mit Durchsichtigkeit verbundenen Färbung wetteifert Flussspat mit den Edelsteinen, an Farbenmannigfaltigkeit mit Turmalin; er ist aber als Edelstein nicht gut brauchbar, da er zu geringe Härte besitzt, er ist noch weicher als Glas; auch die Lichtbrechung ist schwach ($n = 1{,}4338$ für Natriumlicht) und die Farbenzerstreuung gering.

Ausser in Kristallen findet sich Flussspat in stengligen (Tafel 71, 14), körnigen und dichten Aggregaten, die meist licht gefärbt sind, nur der körnige Flussspat von Wölsendorf in Bayern ist rötlich blauschwarz. Dieser ist noch durch eine andere Eigenschaft bemerkenswert, er riecht, wenn er in einer Schale verrieben wird, ähnlich wie Chlor; man hat den riechenden Stoff früher für Ozon gehalten (Schrötter), in neuerer Zeit ist auch die Ansicht geäussert, es sei freies Fluor (Loew), das man sonst in freiem

Digitized by Google

Zustand gar nicht kennt. In einem roten Flussspat, der in Grönland zusammen mit Kryolith vorkommt, hat man das seltene Helium nachgewiesen, ein Element, das man durch spektralanalytische Untersuchung als Bestandteil der Sonnenphotosphäre entdeckt hat und das erst später auch in irdischen Mineralien aufgefunden wurde, dasselbe Element, das in neuester Zeit dadurch in den Vordergrund des Interesses gerückt ist, dass es gelungen ist, Radium in Helium überzuführen (siehe Seite 173).

Woher die Färbung in Flussspat rührt, ob es einer oder verschiedene Stoffe sind, welche die mannigfachen Farben erzeugen, wissen wir nicht, seine Substanz an sich ist farblos und es kommen auch völlig farblose wasserhelle Kristalle vor (Tafel 1, Figur 6); die Färbung wird durch uns unbekannte fremde Körper hervorgebracht, die in der Kristallsubstanz fein verteilt sind, wie ein Farbstoff in seiner Lösung; ob diese Körper aber Kohlenwasserstoffe seien, wie manche annehmen, ist doch zu bezweifeln, denn die meisten Kohlenwasserstoffe sind farblos und es ist uns nicht bekannt, dass ein farbloser Körper einen andern farblosen färben kann.

Manche Vorkommen strahlen beim Erwärmen, noch ehe sie bis zum Glühen erhitzt sind, ein lebhaftes grünliches oder bläuliches Licht aus, sie phosphoreszieren, eine Eigenschaft, die auch andere Mineralien besitzen (viele Kalkspate), die aber in ihrem Wesen noch wenig aufgeklärt ist. Besonders stark soll der Flussspat von Nertschinsk in Transbaikalien phosphoreszieren, von dem wir in Figur 1 unserer Tafel 71 ein Spaltungsstück mit eigenartig grüner Farbe abgebildet haben. Gegen Röntgenstrahlen ist Flussspat nur sehr wenig durchlässig.

Die chemische Zusammensetzung von Flussspat ist einfach, er enthält in reinem Zustand 48,72 % Fluor und 51,28 % Calcium, seine Formel ist CaF_2. Sein spezifisches Gewicht ist recht hoch und liegt zwischen 3,1 und 3,2.

Wenn es sich darum handelt, die Bestandteile von Flussspat nachzuweisen, so setzt man zu dem feingepulverten Mineral Schwefelsäure; das Fluor wird hierdurch ausgetrieben, verbindet sich sofort mit dem Wasserstoff der Schwefelsäure zu Fluorwasserstoff oder Flusssäure, die an ihrem stechenden Geruch und ihrer ätzenden Wirkung auf Glas erkannt werden kann. Das Calcium des Flussspats verbindet sich mit der Schwefelsäure zu Calciumsulfat, das als dicker Niederschlag an Stelle des Flussspatpulvers tritt. Von andern Reagentien wird Flussspat nicht oder nur sehr schwer angegriffen und doch findet man in der Natur Flussspat, der mit tiefen Aetzfiguren bedeckt und manchmal völlig zerfressen ist, woraus wir erkennen, dass es in der Natur ein Lösungsmittel gibt, das ihn sehr kräftig anzugreifen vermag.

Flussspat ist ein recht verbreitetes Mineral und findet sich vorzugsweise auf Gängen in granitischen Gesteinen oder deren Nähe und hat sich aus heissen Lösungen gebildet, die nach der Eruption dieser Gesteine aus der Tiefe hervorgedrungen sind. Häufig aber tritt er auch unabhängig von Eruptivgesteinen in Sedimenten oder gar im Innern von Versteinerungen auf, und wir fragen uns vergeblich, wie wohl die Lösungen beschaffen gewesen sein mögen, aus denen er auskristallisiert ist. Regelmässige Begleiter von Flussspat sind Quarz, der die Kristalle oft mit feinen glitzernden Krusten überzieht, Kalkspat, Schwerspat und vielerlei Erz.

Wohl die schönsten Kristalle finden sich auf Bleierzgängen in England: Alston Moor in Cumberland, Allanhead in Northumberland (Tafel 71, Figur 8), Weardale in Durham (Tafel 1, Figur 4 und Tafel 71, Figur 10) sind viel genannte Fundorte des nördlichen, Beeralstone in Devonshire und St. Agnes in Cornwall des südlichen England; die mehrfarbigen körnigen Aggregate (Tafel 71, Figur 14) finden sich bei Tray Cliff nahe Castleton in Derbyshire. Aber auch Deutschland ist reich an Fundorten schöner Kristalle. Von Annaberg im sächsischen Erzgebirge stammen die schönen dunkel-

gelben Würfel der Figur 7 und die Würfel mit violettem Rand in Figur 12 auf Tafel 71, bei Freiberg kommen die hellgelben, mit Quarz überkrusteten Würfel vor, dunkelviolette Kristalle, bisweilen von farblosem Flussspat umwachsen, begleiten den Zinnstein bei Zinnwald (Tafel 71, 4), Kristalle mit Achtundvierzigflächner sind für das Münstertal im badischen Schwarzwald charakteristisch (Figur 9), als Fundort für die schönen Würfel der Figur 11, die im Innern gelb und aussen blau sind, ist Todtnau im Schwarzwald angegeben. Von Rappoltsweiler im Elsass sind die dunkelblauen Kristalle der Figur 6 auf Tafel 71, von Stolberg bei Wernigerode im Harz die Kombination von Würfel mit Oktaeder in Figur 3 der Tafel 1. Aus dem Granit von Striegau in Schlesien stammt der Kristall in Figur 2 der Tafel 71. In den Alpen liefert die Gegend von Meiringen farblose, das Gotthardgebiet im Göschener Tal die geschätzten rosaroten (Figur 2 auf Tafel 71), die Gegend von Baveno zart grüne (Tafel 1, 5) und andersfarbige Kristalle; der eigentümlich rötlichviolette Kristall in Figur 5 ist von St. Gallen an der Enns in Steiermark. Eine grosse Ausbeute an grossen grünen Kristallen hat in neuerer Zeit Macomb, St. Lawrence County, geliefert.

Verwendung. Die Verwendung von Flussspat ist recht mannigfaltig, am gesuchtesten ist heute der durchsichtige farblose, da er wegen seiner optischen Eigenschaften, seines niedrigen Brechungsvermögens und seiner geringen Farbenzerstreuung mehr wie ein anderes Material zur Beseitigung der sphärischen und chromatischen Aberration zusammengesetzter Linsensysteme geeignet ist; die unter dem Namen Apochromate bekannten Mikroskopobjektive enthalten zwischen den Linsen von Glas immer solche von Flussspat. Er findet sich in besonderer Klarheit in der Gegend von Meiringen, wo er durch Prof. Abbe aufgesucht und ausgebeutet worden ist. Die verschieden gefärbten werden zu allerhand Ornamenten verarbeitet, auch die murrhinischen Gefässe der Römer sollen aus Flussspat bestanden haben; klarer, schön gefärbter Flussspat wird wohl auch als Edelstein untergeschoben, aber doch nur selten, die geringe Härte verrät ihn. Flussspat ist ferner das wichtigste Rohmaterial für die Gewinnung der Flusssäure und anderer Fluorverbindungen und dient, mit konzentrierter Schwefelsäure gemengt, direkt zum Aetzen von Glas. Bei metallurgischen Arbeiten wird Flussspat seit alter Zeit benutzt, um die hierbei auftretenden Schlacken flüssiger zu machen, als Flussmittel, daher auch sein Name. Aus Deutschland wurden im Jahr 1898 10500 Tonnen im Werte von 420000 Mark ausgeführt, es ist also auch technisch ein gar nicht so unwichtiges Mineral.

Kryolith.

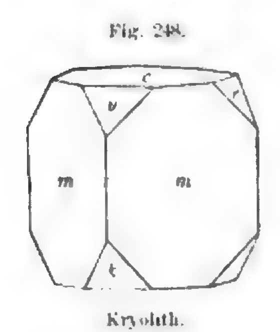
Kryolith übertrifft Flussspat noch im Fluorgehalt, der für das reine Mineral 54,4% beträgt; dazu enthält er 32,8% Natrium und 12,8% Aluminium. Wie diese Elemente miteinander verbunden sind, kann man nicht sicher sagen. Die einfachste Annahme ist die, dass ein Doppelsalz, $3NaF \cdot AlF_3$, vorliege, wahrscheinlicher aber ist es, dass Kryolith das Natriumsalz der Aluminiumfluorwasserstoffsäure ist, seine Formel wäre dann Na_3AlF_6. Die Deutungen der Formel gehen hier geradeso auseinander wie bei Spinell.

Die Hauptmassen von Kryolith sind grobkörnig und grossspätig, weiss und durchscheinend, seltener schwarz, und besitzen einen eigentümlichen feuchten Glasglanz, an dem man bei einiger Uebung Kryolith sofort erkennt. Dazu kommt eine recht vollkommene Spaltbarkeit nach drei aufeinander nahezu senkrechten Richtungen, eine geringe Härte (H. = $2\frac{1}{2}$ bis 3), recht hohes spezifisches Gewicht von 2,97 und sehr leichte Schmelzbarkeit; schon dickere Stücke schmelzen an der Flamme eines Bunsenbrenners und färben

sie andauernd gelb, wodurch sich der Natriumgehalt zu erkennen gibt. Durch Schwefelsäure wird das Mineral unter Entwicklung von Flusssäure zersetzt, die das Glas ätzt und dadurch sofort erkannt werden kann.

Nach diesen Merkmalen bedarf man der Kristalle nicht mehr, um Kryolith zu erkennen, und diese treten auch gegenüber seiner andern Masse sehr zurück; sie sind immer auf derbem Kryolith aufgewachsen und bedecken dicht aneinandergedrängt in scheinbar würfeliger Gestalt die Oberfläche, wie wir an der typischen, in Figur 8 der Tafel 70 abgebildeten Stufe sehen. Erst genauere Untersuchung ergibt, dass die Kristalle monoklin sind; die Flächen *m* in der Textfigur 248 werden als Vertikalprisma angenommen, *c* als Basis, und diese Flächen begrenzen in der Hauptsache die Kristalle und ihnen gehen die Spaltflächen parallel; die Prismenflächen *m* schneiden sich unter 91° 58′, die Basis *c* bildet damit einen Winkel von 90° 8′, die Abweichung von rechten Winkeln ist also tatsächlich gering. Die kleine Fläche *v* ist ein vorderes, *k* ein hinteres Orthodoma, *r* ein Brachydoma; diese kleinen Flächen interessieren uns noch weniger, auch wollen wir bloss erwähnen, dass Zwillingsverwachsungen vorkommen, die aber mit blossem Auge kaum wahrzunehmen sind.

Fig. 248.



Kryolith.

Vorkommen. Kryolith ist in grösseren Stücken selten rein, meist enthält er 10—30% fremde Mineralien, in der Hauptsache Eisenspat, aber auch Zinkblende, Bleiglanz, Kupferkies, Zinnstein und andere Mineralien. So steht er bei Ivigtut im westlichen Grönland in einer 500 Fuss langen und 100 Fuss breiten Masse in Granit oder Gneis an und hat sich wahrscheinlich aus Dämpfen und heissen Lösungen gebildet, die nach der Eruption des Granits aus der Tiefe hervorgebrochen sind. Hier wird der Kryolith in einem Tagebau gewonnen und nach Europa und den Vereinigten Staaten exportiert. Die Produktion betrug im Jahr 1897 13 361 Tonnen, ist aber seitdem zurückgegangen.

Verwendung. Aus Kryolith werden alle Bestandteile verwertet; er diente zur Herstellung von Soda, jetzt wird er mehr bei der Darstellung des metallischen Aluminiums (Seite 217), zur Darstellung von reiner Flusssäure, zur Herstellung von Opalglas und Eisenemail benutzt.

Die Mineralien der Kalkspat- und Aragonitgruppe.

Die zu diesen beiden Gruppen gehörenden Mineralien enthalten Kohlensäure und sind als kohlensaure Salze oder Karbonate daran zu erkennen, dass sie mit kalter oder warmer Salzsäure aufbrausen, weil die Kohlensäure von der kräftigen Salzsäure ausgetrieben wird. Mit der Kohlensäure ist Calcium oder ein verwandtes Metall verbunden, Wasser ist in diesen Mineralien nicht enthalten. Nach ihrer Kristallform zerfallen sie in zwei Gruppen, die der einen sind hexagonal-rhomboedrisch, die der andern rhombisch. An der Spitze von jeder Gruppe steht Calciumkarbonat, das dimorph ist und als Kalkspat hexagonal-rhomboedrisch, als Aragonit rhombisch kristallisiert, nach ihrem Anführer bekommt jede Gruppe ihren Namen. Die Glieder einer Gruppe sind mit ihrem Anführer verwandt, sie gleichen ihm in der Form und sind chemisch analog zusammengesetzt, besitzen demnach den Verwandtschaftsgrad, den wir als isomorph bezeichnen.

Kalkspat besitzt eine ausgezeichnete Spaltbarkeit nach den Flächen eines Rhomboeders, sodass ein Kristall oder spätiges Stück schon durch einen rohen Schlag in lauter

Digitized by Google

Rhomboeder auseinanderfällt. Dieselbe Spaltbarkeit besitzen die mit ihm verwandten Mineralien und ihre Spaltformen unterscheiden sich nur in den Winkeln, unter denen ihre Flächen sich schneiden. Dem rhombischen Aragonit und seinen Verwandten fehlt eine solche Spaltbarkeit, dafür stimmen sie alle darin überein, dass sie durch Zwillingsbildung die hexagonale Form ihrer rhomboedrischen Vettern nachahmen, wie wir bei einem Blick auf die Figuren 5—8 der Tafel 74 und 3—5 der Tafel 75 leicht sehen; die ersteren ahmen ein hexagonales Prisma, die andern eine hexagonale Pyramide nach. Ein Unterschied zwischen den einzelnen Gliedern einer Gruppe liegt wieder in dem Winkel, unter dem gleichliegende Flächen sich schneiden; wir werden als Beleg hierfür in der folgenden Zusammenstellung den Winkel des Vertikalprismas angeben.

Die Verwandtschaft in der chemischen Zusammensetzung liegt darin, dass das Calcium des Kalkspats und Aragonits durch ein ihm nahestehendes in den andern Mineralien jeder Gruppe vertreten ist, das Calcium in der Kalkspatgruppe durch Magnesium, Eisen, Mangan oder Zink, in der Aragonitgruppe durch Baryum, Strontium oder Blei. Eine nähere Verwandtschaft, die zwischen einzelnen Gliedern besteht, spricht sich darin aus, dass das eine oft als isomorphe Beimischung in dem andern auftritt, so Eisen in dem Magnesiumkarbonat, Mangan in dem Eisenkarbonat, Strontium in dem Aragonit. Als Zeichen entfernterer Verwandtschaft können wir es betrachten, dass einem Glied die isomorphe Beimischung fehlt, dass es sich dafür mit einem andern Glied seiner Gruppe in ein festes Verhältnis einlässt und sich beide Glieder zu einer chemischen Verbindung, die wir Doppelsalz nennen, vereinigen. So ist der Kalkspat mit den andern Gliedern seiner Gruppe weniger nahe verwandt, sein Calciumkarbonat verbindet sich dafür mit dem Magnesiumkarbonat zu einem Doppelsalz, dem Dolomit, mit dem Eisenkarbonat zu Ankerit; ebenso verbindet sich das Calciumkarbonat des Aragonits mit Baryumkarbonat zu einem Doppelsalz, dem seltenen Barytocalcit.

Wir haben also zwei Gruppen miteinander näher und entfernter verwandter, isomorpher Mineralien, die durch eine in beiden Gruppen vorhandene dimorphe Verbindung, das Calciumkarbonat, miteinander verbunden sind, und an die sich als gleichfalls verwandte Glieder einige Doppelsalze anschliessen. Wir geben nun eine übersichtliche Zusammenstellung beider Gruppen mit dem Namen des Minerals, seiner Formel und dem Winkel des Spaltungsrhomboeders *R* in der einen, dem des Vertikalprismas ∞P in der andern Gruppe:

Kalkspatgruppe:			Aragonitgruppe:		
Hexagonal-rhomboedrisch			Rhombisch		
Name	Formel	*R*	Name	Formel	∞P
Kalkspat	$CaCO_3$ . . .	105° 5′	Aragonit	$CaCO_3$ . . .	116° 10′
Magnesit	$MgCO_3$ . . .	107° 20′	Witherit	$BaCO_3$ . . .	117° 48′
Eisenspat	$FeCO_3$ . . .	107° 0′	Strontianit	$SrCO_3$	117° 18′
Manganspat	$MnCO_3$ . . .	107° 0′	Weissbleierz	$PbCO_3$ . . .	117° 14′
Zinkspat	$ZnCO_3$ . . .	107° 40′			
Dolomit	$CaCO_3 \cdot MgCO_3$.	106° 20′	Barytocalcit	$CaCO_3 \cdot BaCO_3$.	monoklin.
Ankerit	$CaCO_3 \cdot FeCO_3$.	106° 10′			

Von diesen Mineralien haben wir Eisenspat (Seite 149), Manganspat (Seite 162), Zinkspat (Seite 121) und Weissbleierz (Seite 111) bereits kennen gelernt, den seltenen Barytocalcit und den wenig wichtigen Ankerit, der dem Dolomit sehr ähnlich sieht und als ein sehr eisenreicher Dolomit aufgefasst werden kann, werden wir nicht weiter behandeln; es bleibt also von den Mineralien der Kalkspatgruppe nur Kalkspat, Magnesit und Dolomit, von denen der Aragonitgruppe Aragonit, Witherit und Strontianit übrig.

Digitized by Google

Die Mineralien der Kalkspatgruppe.

Kalkspat ist durch seine Verbreitung auf der Erde, seine Kristallisation und die physikalischen Eigenschaften wichtig als Mineral, durch seine chemische Zusammensetzung und Eigenschaften unentbehrlich für Industrie und Technik. Wir wollen auch hier wieder zuerst das kennen lernen, was für uns an Kalkspat als Mineral wichtig ist, darauf das, was ihm seine Bedeutung für Industrie und Technik verleiht.

Allem voran stellen wir seine Kristallform, die in den mannigfachsten Gestalten uns entgegentritt und das beste Beispiel für die rhomboedrische Hemiedrie des hexagonalen Systems bildet. An keinem andern Mineral sind soviel verschiedene Flächen und Kombinationen beobachtet worden wie an Kalkspat, und es würde nicht leicht sein, sich in dem Formenmeer zurecht zu finden, wenn uns nicht die Natur selbst einen Wegweiser in der Spaltbarkeit gegeben hätte. Diese geht, wie wir gesehen haben, den Flächen eines Rhomboeders parallel, das als Grundrhomboeder angenommen wird und das Naumannsche Zeichen $+R$ bekommt; seine Flächen schneiden sich unter einem Winkel von 105° 5′. Die volle Form zeigt uns die Textfigur 249, in der die Flächen mit P signiert sind. Diese Signatur der Flächen, der wir schon oft begegnet sind, ist unabhängig von jeder kristallographischen Bezeichnungsweise und ist ursprünglich völlig willkürlich, wird aber nach Möglichkeit für die gleiche Fläche immer beibehalten, wie z. B. der Buchstabe s für die Rhombenfläche von Quarz. Ein Spaltungsrhomboeder sehen wir in Figur 8 der Tafel 73, als natürlicher Kristall ist das Grundrhomboeder selten, die Stufe in Figur 5, Tafel 72, ist mit solchen Kristallen bedeckt. Um sich an einem Kristall zu orientieren, bedarf man nun nicht der vollen Spaltungsform, es genügt hierzu eine kleine Spaltfläche oder auch nur ein Riss, der ihr parallel geht. Alle die Rhomboeder, welche ihre Flächen nach derselben Seite hinwenden wie die Spaltform, sind ebenfalls positiv, die andern negativ.

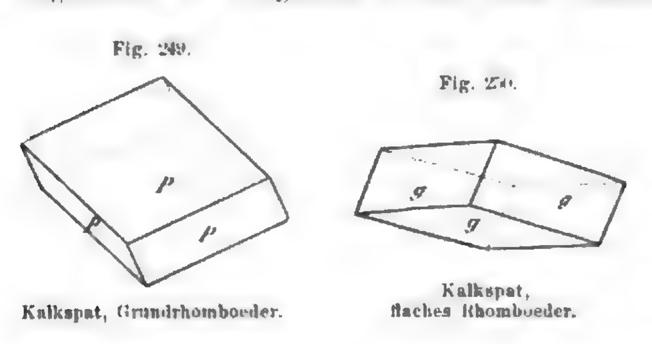


Fig. 249. Kalkspat, Grundrhomboeder.
Fig. 250. Kalkspat, flaches Rhomboeder.

In der grossen Formenmannigfaltigkeit, die uns bei Betrachtung einer grösseren Kalkspatsammlung überrascht, können wir leicht einige Formenarten erkennen, die oft vorherrschen und immer wiederkehren, es sind rhomboedrische, skalenoedrische, prismatische und tafelige Kristalle. Unter den Kristallen mit rhomboedrischer Form ist das flache Rhomboeder $-\frac{1}{2}R$ (Figur 250) am häufigsten; wir sehen eine kleine Stufe in Figur 1 der Tafel 72, wo der obere Kristall seine Polecke, in der die drei stumpfen Kanten zusammenstossen, uns zuwendet; die Flächen schneiden sich unter 135°, die Spaltflächen würden an den Ecken liegen und die Kante der einen wäre der der andern parallel. Dasselbe flache Rhomboeder mit schmalen Flächen des Vertikalprismas der ersten Stellung zeigen uns die Kristalle der Figur 3, und dieselben Flächen, nur mit grösserem Vertikalprisma (wie in Textfigur 251), begrenzen die Kristalle der Figur 6; das Naumannsche Zeichen dieser Kombination ist $-\frac{1}{2}R \cdot \infty R$. Das nächst häufige Rhomboeder ist das steile $-2R$, das uns die Fig. 4 u. 8 der Tafel 72 und Textfigur 252 vor Augen führen; seine Flächen schneiden sich unter 78° 50′, eine Spaltfläche würde eine Kante des Rhomboeders gerade abstumpfen. Die Kristalle in Figur 5 haben wir als die des Grund-

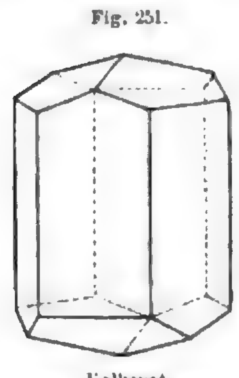


Fig. 251. Kalkspat, flaches Rhomboeder mit dem Prisma der I. Stellung.

Digitized by Google

rhomboeders $+R$ schon kennen gelernt. Eine rhomboedrische Kombination ist in Figur 2, von oben gesehen, abgebildet, ein Rhomboeder mit dem nächsten stumpferen, das die Kanten gerade abstumpft. Dies sind die häufigsten Rhomboeder, im ganzen aber hat man etwa 75 verschiedene Rhomboeder an Kalkspat beobachtet.

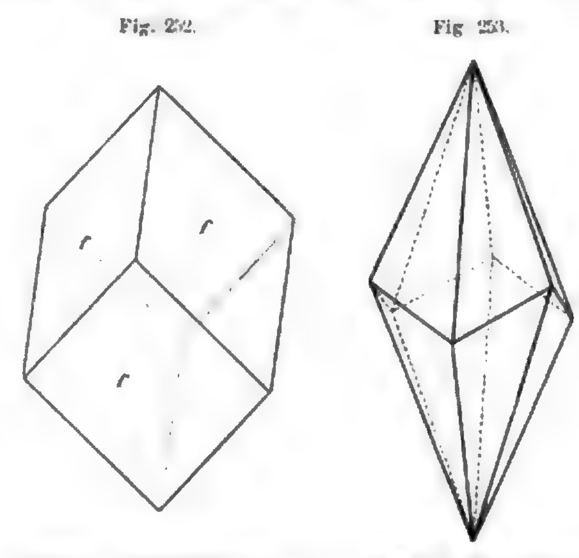


Fig. 252. Kalkspat, steiles Rhomboeder. Fig. 253. Kalkspat, Skalenoeder.

Einen **skalenoedrischen Kristall** sehen wir in Figur 3 der Tafel 73 und in Textfigur 253; es ist das häufigste Skalenoeder und bekommt das Naumannsche Zeichen $R3$; der Winkel an der stumpfen Kante beträgt 144° 24′, der an der schärferen Kante 104° 38′; dasselbe Skalenoeder mit dem Vertikalprisma ∞R begrenzt den Kristall der Figur 2 und die der Figur 1, an dem Ende dieser tritt ausserdem das flache Rhomboeder $-\frac{1}{2}R$ auf. Skalenoedrisch ist auch der Kristall 4 auf Tafel 73, am unteren Ende ist er von Spaltflächen, am oberen von dem flachen Rhomboeder $-\frac{1}{2}R$ begrenzt. Ausser diesem Skalenoeder $R3$ sind spitzere und stumpfere Skalenoeder bei Kalkspat häufig, man hat im ganzen etwa 187 verschiedene Skalenoeder beobachtet.

An den **prismatischen Kristallen** herrscht das Prisma der ersten Stellung vor; schon der Kristall in Figur 2 auf Tafel 73 hat prismatische Gestalt, rein prismatisch, nur von dem glänzenden Prisma und der matten weissen Basis begrenzt, sind die Kristalle der Figur 6 auf Tafel 2. Solche prismatische und nur von Prisma und Basis begrenzte Kalkspatkristalle werden wohl auch **Kanonenspat** genannt. Dadurch, dass die Prismenflächen schmal werden und die Basis vorherrscht, nehmen die Kristalle **tafelige** Gestalt an, wie die in Figur 7 der Tafel 72.

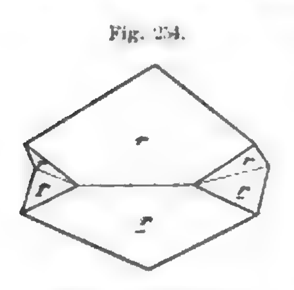


Fig. 254. Kalkspat, Rhomboeder Zwilling nach der Basis.

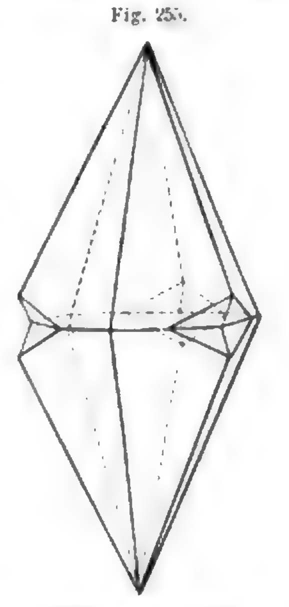


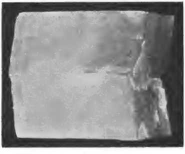
Fig. 255. Kalkspat, Skalenoeder. Zwilling nach der Basis.

Neben einfachen Kristallen kommen bei Kalkspat sehr häufig **Zwillinge** vor, an denen bald die Basis, bald eine Rhomboederfläche Zwillingsebene ist. Einen von den Spaltungsflächen begrenzten **Zwilling nach der Basis** sehen wir in Figur 9 der Tafel 73, den Unterschied gegen ein einfaches Spaltungsrhomboeder zeigt uns der Vergleich mit der daneben stehenden Figur 8; die Mittelkanten fallen bei dem Zwilling in eine Ebene, er sieht aus wie eine dreiseitige Doppelpyramide, denn die einspringenden Winkel, die der Zwilling zeigen sollte (Textfigur 254), sind nicht immer sichtbar. An einem Skalenoeder gibt sich ein Zwilling nach der Basis daran zu erkennen, dass an den Seitenecken einspringende Winkel auftreten (Tafel 73, 6), die Seitenkanten in eine Ebene fallen (Textfigur 255), nicht mehr zickzackförmig auf- und absteigen und daran, dass an den Seitenecken gleiche Kanten zusammenstossen, an eine stumpfe von oben, eine stumpfe unten;

Digitized by Google

auf diese beiden letzteren Merkmale ist besonders dann zu achten, wenn die einspringenden Winkel zugewachsen sind. Unter den Zwillingen nach einer Rhomboederfläche treten Flächen von verschiedenen Rhomboedern als Zwillingsebene auf. Einen Zwilling, bei dem eine Fläche des Grundrhomboeders $+R$ Zwillingsebene ist, sehen wir in der Textfigur 256, es ist ein Spaltungsstück aus einem Zwilling, die Zwillingsebene geht durch die Mitte hindurch und wir sehen leicht, dass sie der oberen Spaltungsfläche parallel geht, also eine Fläche von $+R$ ist. Mit zwei Spaltungsstücken von Kalkspat kann man sich leicht diese Zwillingsverwachsung klar machen. Auch in dem herzförmigen Zwilling der Figur 5 auf Tafel 73 ist eine Fläche des Grundrhomboeders Zwillingsebene, was wir daran erkennen, dass die zart angedeuteten aufrechten Spaltungsrisse der Fläche, mit der beide Kristalle verwachsen sind und die im Bild aufrecht gestellt ist, parallel gehen, die Hauptachsen in beiden sind nahezu senkrecht zueinander. Viel häufiger ist eine Fläche des nächsten stumpferen Rhomboeders $-\frac{1}{2}R$ Zwillingsebene; in Figur 7 der Tafel 73 sehen wir ein Spaltungsstück aus einem solchen Zwilling, die obere vorspringende Hälfte ist in Zwillingsstellung zur unteren, der einspringende Winkel gibt sich aus der Schattierung zu erkennen, die durch die Mitte hindurchgehende Zwillingsebene würde, parallel mit sich nach aussen verschoben, die obere Kante des Spaltungsrhomboeders abstumpfen, woraus sich ergibt, dass $-\frac{1}{2}R$ Zwillingsebene ist. Am häufigsten tritt die Zwillingsbildung nach diesem Gesetz in der Weise auf, dass sie sich vielfach wiederholt und die Teile wie schmale Lamellen in den Kristall eingelagert sind. Infolgedessen erscheinen die Flächen eines rhomboedrischen Spaltungsstücks wie von feinen Linien überzogen (Tafel 73, 8), die sich durch andern Glanz oder, wie hier, durch andere Färbung abheben, der Hauptkristall ist hier schwach gelblich, die Zwillingslamellen sind farblos.

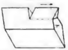
Fig. 256.



Kalkspat, Zwilling nach dem Grundrhomboeder; Spaltungsstück.

Diese letzte Art der Zwillingsbildung hängt damit zusammen, dass die Flächen des nächsten stumpferen Rhomboeders den Charakter von Gleitflächen haben und durch Druck in einem einfachen Kristall leicht eine Umlagerung in Zwillingsstellung bewirkt werden kann. Wir haben Gleitflächen schon bei Steinsalz kennen gelernt (Seite 355), dort konnte durch Druck der eine Teil von dem andern abgeschoben werden, hier springt vor der Abschiebung der eine Teil gegen den andern in Zwillingsstellung um. An einem klaren Spaltungsstück von isländischem Kalkspat kann man sich leicht davon überzeugen, indem man eine Messerschneide senkrecht auf eine stumpfe Polkante aufsetzt und leise drückt. Sie dringt in den Kalkspat ein als ob er weich wie Butter wäre und plötzlich weicht die Ecke aus ihrer Lage (Textfigur 257) und stellt sich zu dem Hauptteil in Zwillingsstellung; die Verschiebung erfolgt nach einer Fläche, welche die Rhomboederkante gerade abstumpfen würde, also nach $-\frac{1}{2}R$. Der in Figur 7 der Tafel 73 abgebildete Zwilling ist wahrscheinlich in der Natur durch Gebirgsdruck aus einem ursprünglich einfachen Kristall zum Zwilling geworden. Auch die in den Spaltungsstücken (Tafel 73, 8) so oft

Fig. 257.



Kalkspat. Durch Druck ist der kleine obere Teil nach der Gleitfläche $-\frac{1}{2}R$ in Zwillingsstellung umgesprungen.

Digitized by Google

vorhandenen Zwillingslamellen sind in ihnen durch Gebirgsdruck erzeugt; man kann sie in einem dünnen Spaltungsblättchen von klarem Kalkspat leicht dadurch hervorrufen, dass man es auf eine elastische Unterlage legt und mit einem stumpfen Meissel, dessen Schneide in der Richtung der langen Diagonale aufzusetzen ist, leicht presst; an jeder Druckstelle bildet sich eine feine Zwillingslamelle, ohne dass das Blättchen auseinanderbricht.

Von den andern physikalischen Eigenschaften des Kalkspats fällt vor allem, sobald er klar genug ist, seine starke Doppelbrechung auf, die ihm den Namen Doppelspat verschafft hat, wir haben uns damit schon im ersten Teil beschäftigt (Seite 52 und Tafel 3a). Der Brechungsexponent des ordentlichen Strahls ist 1,6585, der des ausserordentlichen Strahls 1,4863, beide in Natriumlicht bestimmt. Wegen dieser starken Doppelbrechung und seiner Klarheit eignet sich Doppelspat mehr wie ein anderes Material zu Polarisationsprismen und optischen Präparaten. Zum grossen Bedauern der Optiker entspricht die Produktion von klarem Doppelspat lange nicht dem Bedarf und der Preis geht stetig in die Höhe; das Kilogramm kostet bis zu 300 Franken, und doch wird in einem Jahre nicht mehr als für etwa 7000 Franken gegraben. Eine Platte von Kalkspat, senkrecht zur Achse geschnitten, gibt im konvergenten polarisierten einfarbigen Licht die in Figur 1 auf Tafel 4 abgebildete Interferenzfigur und im Tageslicht ein schwarzes Kreuz, umgeben von farbigen Ringen, die um so enger sind, je dicker die Platte ist; eine etwa einen Viertelmillimeter dicke Platte ist für die Beobachtung am günstigsten.

Die Durchsichtigkeit ist in allen Graden vertreten, eigene Farbe besitzt Kalkspat nicht und die meisten Kristalle sind tatsächlich ungefärbt; die Färbung wird durch irgendwelche fremde Substanzen erzeugt. Die gelbe Farbe des Kristalls 6 auf Tafel 72 wird durch eine dünne Haut von Eisenhydroxyd bewirkt, vielleicht auch die gelbe Farbe der Kristalle 4 und 6 auf Tafel 73. Die Kristalle der Stufe 1 auf Tafel 72 verdanken ihre dunkle Farbe erdigem Manganoxyd, andere sind durch Eisenoxyd rot gefärbt (Tafel 3, 11). Sehr reich an eingeschlossenem feinem Sand ist der Kristall 8 auf Tafel 72; Kristalle dieser Art enthalten bis zu 60% Sand und werden daher wohl auch kristallisierter Sandstein genannt, keine korrekte Bezeichnung, denn das was hier kristallisiert ist, ist der kohlensaure Kalk, nicht aber der Sand, der immer nur mechanisch von dem Kalkspat eingeschlossen ist.

In der Härteskala ist Kalkspat das Muster für den dritten Härtegrad, aber kein gutes, da die Härte auf derselben Fläche je nach der Richtung recht erheblich verschieden ist; auf einer Spaltungsfläche ist sie in der kurzen Diagonale (Tafel 73, 8) von oben nach unten höher als von unten nach oben, in der letzteren Richtung kann man Kalkspat mit Kalkspat sehr leicht ritzen, in der anderen nicht. Das spezifische Gewicht beträgt 2,72, hierdurch lässt sich Kalkspat von dem schwereren Aragonit leicht unterscheiden.

Dass Kalkspat kohlensaurer Kalk sei, haben wir schon gehört, hier sei hinzugefügt, dass er in reinem Zustand 56% Kalk (CaO) und 44% Kohlensäure (CO_2) enthält und dass oft eine geringe Menge von Kalk durch Magnesia, Eisen und Mangan ersetzt ist. In der Glühhitze wird die Kohlensäure ausgetrieben und gebrannter Kalk (CaO) bleibt zurück, der, wie bekannt, mit Wasser angerührt, dieses begierig aufnimmt, sich erhitzt und nun gelöschter Kalk genannt wird. An der Luft nimmt er unter Austritt von Wasser allmählich Kohlensäure auf und wird hart wie Stein. In verdünnter Essigsäure und Salzsäure löst sich Kalkspat unter Brausen schon in der Kälte auf, die Lösung färbt die Flamme gelbrot; sogar von der in Wasser gelösten Kohlensäure wird Kalkspat sehr merkbar angegriffen.

Entstehung. Diese Löslichkeit in Kohlensäure ist für die Vorgänge in der Natur von grösster Bedeutung, denn das in die Erde eindringende Wasser enthält immer Kohlensäure und ist damit zu einem Lösungsmittel für das Calciumkarbonat geworden. Sobald

aber die Kohlensäure aus dem Wasser entweicht, wird der kohlensaure Kalk wieder unlöslich und scheidet sich aus. So löst das Wasser, das durch das Kalkgebirge sickert, den Kalk auf und erzeugt auf Hohlräumen aus ihm schöne Kristalle (Textfigur 2 auf Seite 6) und zaubert in Höhlen die wunderbaren Tropfsteine (Figur 258) hervor, bald zapfenförmige Stalaktiten, die von der Decke zum Boden streben, um sich mit den von hier aufwachsenden plumperen Stalagmiten zu freistehenden zierlichen Säulen zu vereinigen, bald durchscheinende schimmernde Vorhänge oder dichtgedrängte Zapfen, wie die Pfeifen an einer Orgel. Hier gilt das Gegenteil von dem bekannten Spruch: Steter Tropfen höhlt den Stein, hier können wir sagen: Aus stetem Tropfen wächst der Stein. Nur eine Spur von

Fig. 258.

Tropfsteine in der Dechenhöhle bei Letmathe in Westfalen.

kohlensaurem Kalk bringt jeder Tropfen mit und nur einen Teil davon lässt er an dem Tropfstein zurück, aber der eine wird sogleich von einem andern abgelöst, und in ununterbrochener, Jahrtausende dauernder Arbeit schmückt die Natur ihre unterirdischen dunklen Höhlen, die in der Vorzeit dem Höhlenbär als Zufluchtsstelle dienten und nur durch Zufall dem Menschen ihre Wunder enthüllen. Unser Bild zeigt uns eine Grotte, die Alhambra, aus der nach dem bekannten Geologen von Dechen genannten Höhle bei Letmathe in Westfalen; andere bekannte Tropfsteinhöhlen sind die Baumannshöhle und die Hermannshöhle bei Rübeland i. Harz, die Sophienhöhle in der fränkischen Schweiz, die Adelsberger Höhle in Krain, die dem blinden Olm zum Aufenthalt dient, und, wohl die grösste von allen, die über 240 km ausgedehnte Mammuthöhle in Kentucky. Da, wo das kalkhaltige Wasser nicht tropft, sondern über eine geneigte Fläche hinfliesst, überzieht es diese mit einer Decke von Kalksinter, der in den Tropfsteinhöhlen oft wie eine Eiskruste die Wände bedeckt oder wie ein

Digitized by Google

kleiner Gletscher aus einer Schlucht hervorbricht und der in den Bächen die Gerölle verkittet und hier bisweilen durch Kobalt pfirsichblütrot oder durch Nickel apfelgrün gefärbt ist.

In vielen Fällen wird die Kohlensäure, welche den Kalk im Wasser gelöst hält, durch lebende Pflanzen entzogen, der kohlensaure Kalk scheidet sich aus, überkrustet die Pflanzen und erhält ihre Form. Hierdurch bildet sich oft in grossen Massen ein poröser, aber doch fester Kalkstein, Kalktuff oder Süsswasserkalk genannt. Ein solcher Kalkstein ist der Travertin von Tivoli, aus dem die alten Römer ihre gewaltigen Bauten errichtet haben, die dem Sturm von Jahrtausenden Trotz bieten und der sich aus dem Kalk gebildet hat, den die Gewässer im Apennin gelöst und zu Tal geführt haben. Aus solchem Kalk bestehen auch viele der Sinterterrassen, die sich in dem Geisirgebiet des Nationalparks der Vereinigten Staaten um die heissen Quellen gebildet haben und in deren Wasser Algen noch bei einer Temperatur von 80° vegetieren und den Kalk ausscheiden.

Alle Flüsse enthalten kohlensauren Kalk und führen ihn dem Ozean zu. Aber so wenig wie das Salz kann sich der Kalk im Ozean ausscheiden, weil die Lösung zu verdünnt ist, und doch ist in dem Meere entstandener Kalkstein auf der Erde sehr verbreitet. Ihn haben die Meeresbewohner geschaffen, welche aus den im Meerwasser enthaltenen Kalksalzen kohlensauren Kalk zu bilden vermögen; die Schnecken bauen sich daraus ihr Haus, die Muscheln ihre Schale, die Korallen ihr Gerüst, die mikroskopisch kleinen und zarten Foraminiferen ihr viel gekammertes Gehäuse, das ihren weichen Protoplasmaleib schützt. Aus Foraminiferen besteht zum grossen Teil die weisse erdige Schreibkreide, während die anderer Tiere den marinen Kalkstein bilden, den man je nach den tierischen Resten, die er enthält, als Korallenkalk (Figur 1 auf Seite 6), Muschelkalk, Crinoidenkalk, Stringocephalenkalk, Nummulitenkalk etc. unterscheidet. Dass Kalkspat als Versteinerungsmittel häufig auftritt, ist hiernach nicht weiter zu verwundern; wunderbar aber ist, dass er in den Crinoidenstielen und Seeigelstacheln genau nach deren Form orientiert ist, indem seine Hauptachse mit dem sogen. Nahrungskanal bei den Crinoiden, der langen Achse bei den Stacheln genau zusammenfällt.

Ein sehr feiner und gleichmässig dichter Kalkstein ist der Solenhofer Schiefer, der dem Paläontologen die ausgezeichnet erhaltenen Tierreste, darunter den einzigartigen Archaeopteryx bietet und der besser als irgend ein anderer Stein zur Lithographie sich eignet und darum lithographischer Stein genannt wird. Auch die farbigen Tafeln, die unser Werk schmücken, sind mit solchem lithographischen Stein gedruckt worden; eine stattliche Bibliothek lithographischer Steine war dazu nötig.

Alle diese Kalksteine sind von Haus aus dicht und feinkörnig, ihre Zeichnung erhalten sie durch die organischen Reste und färbende Stoffe; durch organische Substanz sind sie grau und schwarz, durch Eisenverbindungen rot und gelb, oft gleichmässig, oft geflammt, geadert und marmoriert; solcher bunter Kalk wird im gewöhnlichen Leben Marmor genannt, der Mineralog aber versteht unter Marmor den weissen, kristallinisch körnigen Kalkstein. Er hat seine jetzige Beschaffenheit erst im Schosse der Erde angenommen, ursprünglich war es ein dichter Kalkstein, wie die andern auch. In der Erde hat er eine Umkristallisation erfahren, die durch verschiedene Vorgänge herbeigeführt worden ist, bald gefördert durch den Gebirgsdruck, bald durch heisse Lösungen, die aus einem Eruptivgestein in ihn eingedrungen sind. Im letzteren Fall enthält er Granat, Vesuvian, Wollastonit und andere Kontaktmineralien und hat oft eine eigentümlich bläuliche Farbe (Tafel 47, 8), im andern Fall ist er reiner, enthält bisweilen Quarz (Tafel 54, 11) oder Hornblende und bildet oft grosse Lager; aus diesen allein wird der Bildhauermarmor gewonnen, die wichtigsten Orte, an denen er vorkommt, wollen wir nachher besonders nennen.

Eine andere Art Kalkstein besteht aus kleinen, fest miteinander verkitteten Kügelchen, die im oolithischen Kalkstein etwa die Grösse von Hirsekörnern, im Rogenstein die von kleinen Erbsen haben. Dieser bildet Bänke in der Triasformation am Harzrand, jener ist in der Juraformation weit verbreitet und in seinem Bau und Alter der Minette gleich, die wir als reiches Eisenerz kennen gelernt haben. Diese Arten sind wahrscheinlich in bewegtem Wasser in der Nähe der ehemaligen Meeresküste entstanden und in der Hauptsache ein chemisches Sediment, möglich, dass kleine Lebewesen die erste Veranlassung zu ihrer Entstehung gegeben haben.

Dichte, oft an Versteinerungen reiche Kalksteine sind auf der Erde so verbreitet, dass es unnötig ist, Fundorte zu nennen. Einzelne Formationen sind besonders reich daran, so das Mitteldevon in der Eifel, an der Lahn und in Westfalen, die Triasformation im Muschelkalk von Deutschland und den alpinen Gebieten, die Juraformation, zu deren jüngsten Gliedern der Solenhofer Kalkstein gehört.

Der Kalkstein ist gewissermassen das Rohmaterial, aus dem die Natur Kalkspatkristalle schafft, sie hat aber dazu noch viele andere Wege. Bei der Verwitterung kalkhaltiger Silikate, besonders des Feldspats, entsteht Calciumkarbonat, aus dem sich oft schöne, klare und flächenreiche Kalkspatkristalle in den Hohlräumen der vulkanischen Gesteine gebildet haben. Auf den Erzgängen ist Kalkspat ein fast nie fehlender Gast und die schönsten und grössten Kristalle werden dort gefunden; auch in Erzlagern, besonders Eisenerzlagern, ist er zu Hause. Eigenartig ist das Vorkommen von Kalkspatkristallen in losem Sand, von dem sie viel eingeschlossen enthalten (Tafel 72, 8).

Die künstliche Darstellung von Calciumkarbonat in Form von Kalkspat ist nicht schwer. Wenn man ein Kalksalz mit Ammoniumkarbonat fällt und den Niederschlag, in Wasser aufgeschlämmt, an der Luft stehen lässt, so bilden sich durch Zutritt der in der Luft enthaltenen Kohlensäure aus der amorphen Masse mikroskopisch kleine Rhomboederchen, die sich auf Kosten des Niederschlags vergrössern, bis die amorphe Masse kristallinisch geworden ist.

Wir können uns vorstellen, dass durch einen im Wesen ähnlichen nur viel langsamer verlaufenen und durch den Gebirgsdruck begünstigten Prozess dichter Kalkstein zu kristallinischem Marmor geworden ist. Wie der Niederschlag, so ist auch der Kalkstein durchfeuchtet, Kohlensäure ist zugegen und der Gebirgsdruck verstärkt ihre lösende Kraft; die kleinsten Körnchen werden gelöst, die grösseren wachsen auf deren Kosten, und so wird das dichte Gestein und der amorphe Niederschlag kristallinisch, genau so, wie aus dem feinen Schnee der grobe Firn und das grosskristallinische Gletschereis sich bildet, die grösseren zehren die kleinen auf in dem Mineralreich wie in der Tierwelt. Dem Chemiker ist diese Erscheinung schon lange bekannt, darum lässt er Niederschläge von Calciumkarbonat oder -oxalat und andere, die unmittelbar nach der Fällung durch das Filter gehen, einen Tag lang stehen und kann sie dann klar filtrieren.

Kriställchen von Kalkspat kann man erzielen, wenn man in Wasser, das frischgefälltes Calciumkarbonat aufgeschlämmt enthält, Kohlensäure einleitet, nach einiger Zeit filtriert und die klare Lösung an der Luft ruhig stehen lässt. Die Kohlensäure löst Calciumkarbonat auf und bei ihrer Verdunstung scheiden sich die kleinen Kriställchen aus. Diese Methode hat man benutzt, um festzustellen, unter welchen Bedingungen sich Calciumkarbonat als Kalkspat, unter welchen als Aragonit bildet und hat gefunden, dass sich aus reiner kalter Lösung vorzugsweise Kalkspat, aus heisser Lösung und solcher, die Blei- und Strontiumsalz enthält, vorzugsweise Aragonit ausscheidet.

Für die Geschichte der Geologie ist der Versuch von James Hall von grosser Bedeutung, bei dem in Flintenlauf eingeschlossene Kreide durch Erhitzen in kristallinischen Kalk umgewandelt wurde; durch die Hitze wurde aus dem Kalk die Kohlensäure ausge-

Digitized by Google

trieben, die, weil der Lauf luftdicht verschlossen war, nicht entweichen konnte und beim Erkalten sich wieder mit dem Rest verband. So wurde hier der amorphe Kalk durch Hitze und Kohlensäure wie sonst durch Wasser und Kohlensäure in kristallinischen umgewandelt, es war das erste erfolgreiche Experiment in der Geologie.

Verwitterung. Einer durch einfache Verwitterung erzeugten Umwandlung ist Kalkstein nicht unterworfen, er wird durch die Atmosphärilien aufgelöst, der Rest sieht zerfressen aus, aber eine chemische Umwandlung tritt hierbei nicht ein. Wohl aber wird er leicht durch ein anderes, schwerer lösliches Mineral verdrängt und Pseudomorphosen, welche die Form von Kalkspat haben, aber aus einem andern Mineral jetzt bestehen, sind häufig. Wir haben solche von Eisenoxyd nach Kalkspat in Figur 12 auf Tafel 3 schon vorgeführt und auf Seite 46 beschrieben. Auch Pseudomorphosen von Pyrolusit, Bitterspat und Zinkspat nach Kalkspat sind häufig, und durch eine gleiche Verdrängung sind oft Mangan-, Eisenerz- und Zinkerzlager aus Kalkstein hervorgegangen. So ist, um hier nur einen Beleg anzuführen, im Bergrevier Schmalkalden der Kalkstein durch einen in Spalten aufsteigenden Eisensäuerling in Spateisenstein und Brauneisenstein umgewandelt. In allen diesen Fällen tritt die Umwandlung ein, weil der Kalkspat leichter löslich ist als die andern Mineralien. In dem Kampf ums Dasein bleibt immer das Mineral bestehen, das unter den vorhandenen Bedingungen am beständigsten, hier also das am schwersten lösliche ist, und der leicht lösliche Kalkspat muss unterliegen.

Fundorte von Kalkspatkristallen. Kalkspat ist nächst Quarz und Feldspat das häufigste Mineral und ausserordentlich zahlreich sind die Fundorte schöner Kristalle, wir können hier nur einige nennen. In Kalkstein findet er sich bei Bieber unfern Giessen (Tafel 72, 1), Diez in Nassau, Iserlohn in Westfalen (Tafel 1, 10), Gross-Sachsenheim in Württemberg. In Hohlräumen von Kontaktmarmor kommen bei Auerbach an der Bergstrasse grosse Zwillingskristalle vor, von denen wir Spaltungsstücke in Figur 7—9 der Tafel 73 und in der Textfigur 256 abgebildet haben. In vulkanischen Gesteinen in den Achatmandeln des Nahegebietes und in den Kupfergruben am Oberen See in Nordamerika; der Fundort des klaren Doppelspats liegt neben dem Landgut Helgustadir bei Eskifjördr an der Ostküste Islands; der Kalkspat bildet hier einen Gang im Basalt. Unter den Erzgängen stehen die von Andreasberg im Harz durch ihren Reichtum an schönen Kalkspatkristallen obenan, wir haben einige Stufen in Figur 6 auf Tafel 2, Figuren 2, 4 und 7 auf Tafel 72 von hier kennen gelernt. Reich daran sind auch die Erzgänge von Freiberg in Sachsen (Tafel 72, 3), des Teufelsgrundes im Münstertal des badischen Schwarzwaldes, die von Cornwall und Derbyshire in England (Tafel 73, 1, 5 und 6), von Joplin (Tafel 73, 4) und vielen andern Gegenden in den Vereinigten Staaten, Mexiko (Tafel 73, 3) und andern Ländern. In Erzlagern ist Kalkspat im ganzen selten; ausgezeichnete Kristalle sind in den Roteisensteingruben bei Oberscheld unfern Dillenburg in Nassau vorgekommen, eine Stufe mit kleinen, scharfen Kristallen sehen wir in Figur 6 der Tafel 72. Auch in den Mineralgängen der Alpen finden sich bisweilen schöne Kristalle von Kalkspat, so im Maderaner Tal. Aus dem Apennin von Poretta bei Bologna kommen die nur von dem Grundrhomboeder begrenzten Kristalle (Tafel 72, 5). In losem Sand kommt Kalkspat bei Fontainebleau bei Paris vor und ganz in der gleichen Weise bei Dürkheim in der Pfalz, Sievring bei Wien und in den Bad Lands, Washington County in South Dakota.

Verwendung von Kalkspat, Kalkstein und Marmor. Dass aus klarem Kalkspat Polarisationsprismen hergestellt werden, haben wir schon mehrfach erwähnt. Der Kalkstein wird entweder wegen seiner mechanischen Beschaffenheit oder seiner chemischen Zusammensetzung benutzt, der Solenhofer Schiefer wegen seines gleichmässigen feinen Korns als lithographischer Stein, der durch Versteinerungen bunte Kalkstein als

Künstlermarmor zu Platten und Ornamenten, der poröse und doch feste Travertin und manch anderer Kalkstein als Baustein, die erdige Kreide als Schreibmaterial. Ganze Berge von Kalk verschwinden in dem Rachen von Ringöfen und Zementwerken, die aus ihm gebrannten Kalk und Zement erzeugen, die beiden zu Bauten über und unter Wasser unentbehrlichen Materialien. Ist der Kalk sehr rein, so gibt er beim Brennen den Fettkalk oder Weisskalk, enthält er Beimengungen, so wird der gebrannte Kalk mager; Zement wird aus tonhaltigem Kalkstein hergestellt; der wichtigste Zement, der Portlandzement, ist nach der Definition des Vereins deutscher Portlandzement-Fabrikanten »ein Produkt, entstanden durch Brennen einer innigen Mischung von kalk- und tonhaltigen Materialien als wesentlichsten Bestandteilen, bis zur Sinterung, und darauf folgender Verkleinerung bis zur Mehlfeinheit«. Von den andern Zementen unterscheidet sich dieser wesentlich dadurch, dass er bis zur Sinterung gebrannt und darauf sehr fein zerkleinert wird. Dadurch sind die Zementfabriken von einer dicken Schicht weissen Staubes bedeckt. Im Jahre 1901 produzierten 85 deutsche Fabriken etwa 3,3 Millionen Tonnen Portlandzement. Ein guter Portlandzement enthält 55—66 % Kalk (CaO), 19—26 % Kieselsäure (SiO_2), 4—10 % Tonerde (Al_2O_3), 2—4 % Eisenoxyd, daneben oft etwas Magnesia, Alkali, Schwefelsäure, Wasser und Kohlensäure.

In dem Eisenhochofenprozess dient Kalk zum Binden der Kieselsäure und Phosphorsäure (Seite 152), in der Glasfabrikation als Zusatz zu Glas (Seite 274); der gebrannte Kalk, mit Wasser angerührt, dient zum Weissen der Wände, mit Metallverbindungen gemischt dient er zur Herstellung anderer Farben (Seite 105). In der chemischen Grossindustrie wird Kalk zur Sodafabrikation (Seite 364) benutzt, Chlorkalk, den man als ein Gemenge oder eine Verbindung von Chlorcalcium und Calciumhypochlorit $CaCl_2 + Ca(OCl)_2$ auffassen kann, wird aus ihm dargestellt, immer noch das bequemste Mittel zum Bleichen und Desinfizieren, da er das wirksame Chlor leicht und vollständig abgibt und durch die schwächste Säure völlig zersetzt wird, während das Chlor doch immer noch genügend fest in ihm gebunden ist, um leicht und gefahrlos verschickt werden zu können. Aus Kalk und Kohle wird in der Hitze des elektrischen Ofens Calciumkarbid (CaC_2) erzeugt, aus dem durch Zersetzung mit Wasser das zu Beleuchtungszwecken viel gebrauchte Acetylengas hergestellt wird. So spielt Kalk in Technik und Industrie eine fast ebenso grosse Rolle als Steinsalz. Endlich liefert unser Mineral in dem körnigen Marmor das beste Material für die Werke der Bildhauerkunst.

Das Vorkommen von Marmor* verdient einige besondere Worte wegen der bevorzugten Rolle, die er von jeher in der Bildhauerei gespielt hat. Die Lager des besten Marmors befinden sich in Griechenland und Italien und haben seit alten Zeiten den Künstlern das Material geliefert, aus dem sie ihre unvergänglichen Werke geschaffen haben.

Das grösste Lager ist das von Carrara in Ober-Italien, das eine Mächtigkeit von 1000 m erreicht und über ein grosses Gebiet in der Apuanischen Bergkette sich erstreckt. Der Marmor gehört der Triasformation an und ist ein durch Gebirgsdruck kristallinisch gewordener Kalkstein. Carrara ist heute der wichtigste Marmorproduzent und liefert zusammen mit den angrenzenden Bezirken von Massa und Seravezza jährlich rund 70000 Kubikmeter Marmor im Werte von 16—20 Millionen Mark. Der carrarische Statuario ist von vorzüglicher Qualität, schneeweiss, feinkörnig, schimmernd und durchscheinend und wird fast in der ganzen Welt als Bildhauermarmor benutzt und doch sind hierzu nur etwa 5 % der Produktion brauchbar, der andere wird in Platten gesägt und zu Tisch- und Fensterplatten verarbeitet.

* Vogt, Der Marmor in Bezug auf seine Geologie, Struktur und seine mechanischen Eigenschaften (Zeitschrift für praktische Geologie 1898). — R. Lepsius, Griechische Marmorstudien (Abhandlungen der Akademie der Wissensch. Berlin 1890).

Der berühmte griechische Statuenmarmor stammt vorzugsweise aus dem Pentelikon und dem Hymettos in Attika, von den Inseln Paros und Naxos. Nach R. Lepsius, der dem griechischen Marmorvorkommen eine besondere Studie gewidmet hat, zählt man auf der Bergfläche des Pentelikon fünfundzwanzig antike Marmorbrüche, aus denen im Altertum durch völlig rationellen Steinbruchsbetrieb nach ungefährer Schätzung 400000 Kubikmeter gewonnen wurden, Massen, die es begreiflich erscheinen lassen, dass nicht nur in Athen die grössten Bauwerke (Parthenon, Erechtheion, Propyläen, Theseion, Olympieion) aus diesem Marmor gebaut wurden, sondern dass wir den pentelischen Marmor an vielen antiken Stätten in Griechenland und Rom wiederfinden; alle Museen Europas enthalten Statuen und Denkmäler, deren Material diesen Brüchen am Pentelischen Gebirge entstammt. Er ist schneeweiss mit einem Stich ins Gelbliche und etwa so feinkristallinisch wie gewöhnlicher Rübenzucker. Besonders charakteristisch für pentelischen Marmor ist, dass die kleinen Kalkspatkörnchen, welche ihn zusammensetzen, durch eine sehr feinkörnige bis dichte, matt durchscheinende milchweise Grundmasse voneinander getrennt sind. Diese dichte Zwischenmasse fehlt dem Marmor von Paros und Naxos, der sich ausserdem durch viel groberes Korn von dem attischen Marmor unterscheidet; die Korngrösse steigt bei dem parischen Marmor selten über 3 mm, bei dem grobkörnigsten von Naxos aber, der im Innern der Insel ansteht, bis zu 10 mm. Die bedeutendsten antiken Marmorbrüche auf Paros sind unterirdisch und der Marmor wurde im Altertum »Lychnites Lithos«, der Lampenstein genannt, weil die Blöcke beim Schein der Lampe gewonnen wurden. Er ist schneeweiss, von grosser Reinheit, und lässt wegen des groben Korns das Licht tiefer eindringen als irgend ein anderer Marmor. Auf diesem verhältnismässig tiefen Eindringen des Lichtes beruht zum grossen Teil die Schönheit des guten parischen Marmors. Die herrliche Statue des Hermes von Praxiteles in Olympia ist aus bestem parischem Marmor gemeisselt und verdankt der Lichtdurchlässigkeit des Lychnites die lebensvolle Wärme ihrer schimmernden Hautoberfläche.

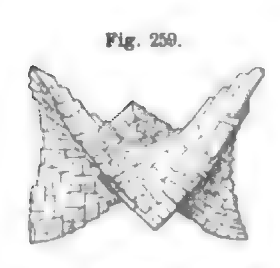
In den Alpen ist Marmor recht verbreitet, der schönste ist der Laaser Bildhauermarmor vom Vintschgau in Tirol, der weiss und fest ist, ein wenig grobkörniger als der Statuario von Carrara. In Deutschland kommt Marmor bei Wunsiedel im Fichtelgebirge, Gross-Kunzendorf in Schlesien, Auerbach in Hessen und an andern Orten vor, aber brauchbarer Bildhauermarmor fehlt. Bunte, an Versteinerungen oft reiche Kalksteine werden an der unteren Lahn in grossen Massen gewonnen. Auch der Marmor aus Belgien, im Handel meist »belgischer Granit« genannt, ist ein an Versteinerungen reicher schwarzer Kalk. Es werden hier jährlich etwa 12000 Kubikmeter im Werte von 2—3 Millionen Franken gebrochen und besonders zu Fensterplatten verarbeitet. Norwegen liefert erst seit einigen Jahren weissen Marmor, die Vereinigten Staaten von Nordamerika sind recht reich daran, importieren aber doch noch Marmor von Carrara.

Magnesit. So ausführlich wir Kalkspat behandelt haben, so kurz können wir die übrigen Mineralien der Kalkspatgruppe erledigen, denn ihre Formenreihe ist klein, ihre Verwendung beschränkt. Während bei Kalkspat das Grundrhomboeder als natürliche Kristallform selten ist, ist es bei den andern gerade die häufigste Form, an Magnesit treten ausser diesem kaum andere Flächen auf. Seine Kristalle sind nie besonders gross, immer im Gestein eingewachsen (Tafel 75, 8), zur Abbildung daher wenig geeignet. Sie sind farblos, meist aber gelb oder braun, da dem Magnesiumkarbonat oft geringe Mengen von Eisen- oder Mangankarbonat beigemengt sind; sie sind härter ($H = 4—4^1/_2$) und schwerer (spezifisches Gewicht 2,9—3,1) als Kalkspat. Solche Kristalle kommen in Chlorit- und Talkschiefer eingewachsen in den Schweizer und Tiroler Alpen, (dem Pfitschtal und Zillertal) und im Serpentin bei Snarum in Norwegen vor. Schwärzliche, derbe Massen finden sich im Gips von Hall in Tirol, rissige Knollen von schneeweissem, dichtem, oft

mit Kieselsäure imprägnierten Magnesit kommen in Verbindung mit Serpentin als Verwitterungsprodukt von olivinreichen Gesteinen bei Frankenstein in Schlesien, im Kaiserstuhl bei Freiburg i. B., bei Kraubat in Steiermark, Hrubschitz in Mähren vor und werden da, wo sie massenhaft vorkommen, abgebaut und zur Darstellung von reiner Kohlensäure und Bittersalz verwendet, früher mehr als heute, wo Kohlensäure direkt aus den Quellen gewonnen und Bittersalz aus Stassfurter Salzen dargestellt wird. Ausserdem wird Magnesit, besonders in Steiermark, zur Herstellung von feuerfesten Steinen benutzt.

Dolomit oder Bitterspat. Die beiden Verbindungen, die wir in Kalkspat und Magnesit kennen gelernt haben, vereinigen sich im Dolomit zu einem Doppelsalz $CaCO_3 \cdot MgCO_3$. Man wird fragen, warum soll dies ein Doppelsalz sein und nicht eine isomorphe Mischung, da doch die Einzelverbindungen chemisch verwandt und in der Form sich sehr ähnlich sind. Der wesentliche Unterschied zwischen einem Doppelsalz und einer isomorphen Mischung besteht darin, dass in dem Doppelsalz die Verbindungen in einem festen Verhältnis vereinigt sind, während sie in einer isomorphen Mischung in beliebigen und wechselnden Verhältnissen gemischt sind. Die reinen Kristalle von Dolomit bestehen nun ziemlich genau aus 54% Calciumkarbonat und 46% Magnesiumkarbonat, das heisst, mit einem Molekül der einen Verbindung ist ein Molekül der anderen vereinigt; geringe Beimischung von andern Karbonaten, die daneben oft vorhanden ist, ändert hieran nichts. Es ist namentlich oft Magnesia durch Eisen und Mangan ersetzt — ein an diesen Elementen reicher Dolomit ist der B r a u n s p a t —, aber immer so, dass die Summe dieser drei Karbonate zu dem Calciumkarbonat in dem Verhältnis 1 : 1 steht. Nach seiner chemischen Zusammensetzung kann daher Dolomit sehr wohl als ein Doppelsalz aufgefasst werden, das ungewöhnliche ist nur, dass er in der Form mit der seiner Einzelverbindungen sehr nahe übereinstimmt, sein Rhomboederwinkel steht mit 106° 20′ fast genau in der Mitte zwischen dem von Kalkspalt (105° 5′) und Magnesit (107° 20′). Bei genauerer Untersuchung lässt sich doch ein Unterschied feststellen, indem die Aetzfiguren und eine freilich nur selten ausgeprägte Formenausbildung den Dolomit aus der rhomboedrischen Hemiedrie in die Tetartoedrie verweisen. In der Regel sind seine Kristalle nur von dem Grundrhomboeder begrenzt und bisweilen gross und scharf wie die in Figur 7 der Tafel 75; Die Kristalle sind so gestellt, dass man von oben auf die drei Rhomboederflächen sieht. Von den hier zusammengewachsenen zwei Rhomboedern wendet das eine seine Kante dahin, wo die Fläche des anderen liegt, beide Kristalle befinden sich zueinander in Zwillingsstellung; gemeinsam haben sie die Basis, die die dreikantige Ecke bei beiden abstumpfen würde und der eine ist gegen den andern um 180° gedreht, sodass die Fläche, die bei dem im Bild linken oben liegt, bei dem andern sich unten befindet. Solche grosse und scharfe Kristalle sind bei Dolomit immerhin selten, meist sind seine Kristalle klein, sattelförmig gekrümmt und zu vielen auf ihrer Unterlage aufgewachsen. Noch verhältnismässig grosse Kristalle sehen wir in Figur 10 der Tafel 75, ihre Form erläutert uns die schematisierte Figur 259; die sattelförmige Krümmung kommt dadurch zustande, dass viele Einzelkriställchen in nicht paralleler, aber doch gesetzmässiger Weise miteinander verwachsen sind, ähnlich wie in den gedrehten Kristallen von Rauchtopas und den garbenförmigen von Desmin. Die kleinen, durch kohlige Substanz schwarzen Kristalle, wie wir einen in Figur 9 der Tafel 75 abgebildet haben, sind von dem steilen Rhomboeder $4R$, der Basis $0R$ und den schmalen Flächen des Rhomboeders R begrenzt.

Fig. 259.



Sattelförmiger Kristall von Dolomit.

Zum Unterschied gegen Kalkspat braust Dolomit mit verdünnter Salzsäure bei gewöhnlicher Temperatur so gut wie gar nicht auf, löst sich aber vollständig unter leb-

haftem Aufbrausen, sobald er mit der Säure erwärmt wird. Auch in kohlensäurehaltigem Wasser ist Dolomit viel schwerer löslich als Kalkspat, was bei Erklärung seiner Entstehung mit zu berücksichtigen ist. Während 10000 Teile mit Kohlensäure gesättigten Wassers bei 18° 10—12 Teile Kalkspat auflösen, lösen sie nur 3 Teile Dolomit. Die Härte beträgt $3^{1}/_{2}$—4, das spezifische Gewicht 2,85—2,95, beide Werte sind also höher als die von Kalkspat, die Doppelbrechung ist gleichfalls sehr kräftig, nur ist sie nicht so leicht wahrnehmbar, weil so grosse klare Stücke nicht vorkommen. Zwillingslamellen, die bei Kalkspat so häufig sind, fehlen bei Dolomit, auch lässt sich nicht durch Druck eine Verschiebung der Teilchen nach den Flächen des nächsten stumpferen Rhomboeders herbeiführen.

Farblose Kristalle von Dolomit finden sich auf Drusenräumen in dem weissen, zuckerkörnigen, an schönen und seltenen Mineralien so reichen Dolomit des Binnentals im Wallis, die grossen gelblichen und gelblichgrauen Kristalle (Tafel 75, 7) kommen mit Bergkristall, Schwefelkies und dem in linsenförmigen Rhomboedern kristallisierten, aus Magnesiumkarbonat und Eisenkarbonat bestehenden strohgelben Mesitinspat auf dem Magneteisenlager von Traversella in Piemont vor; die schwarzen Kristalle kommen in Gips eingewachsen bei Hall in Tirol und Terruel in Spanien (Tafel 75, 8) vor, andere gelbliche Kristalle sind mit Magnesit zusammen und diesem zum verwechseln ähnlich im Talk- und Chloritschiefer der Alpen eingewachsen. Kleine weisse, graue oder gelbliche Kristalle mit gekrümmten Flächen sind auf Erzgängen und auf Drusenräumen in Dolomit sehr verbreitet, so bei Freiberg in Sachsen, Schemnitz in Ungarn, in dem Braunsteinbergwerk bei Giessen, hier bisweilen in Pyrolusit umgewandelt. Als Fundort für die in Figur 10 der Tafel 75 abgebildete Druse ist Raibl in Kärnten angegeben.

Ausser in Kristallen tritt Dolomit in körnigen Massen gebirgsbildend auf und ist da dem Kalkstein so ähnlich wie seine Kristalle dem Kalkspat. Mit Marmor zu vergleichen ist der zuckerkörnige Dolomit der Alpen, der im Binnental die Schätze seltener Mineralien birgt, von denen wir Zinkblende in Figur 3 auf Tafel 20 abgebildet haben, und der am Campo longo im Kanton Tessin, der den prächtigen grünen Turmalin, roten und blauen Korund beherbergt. Dem gemeinen Kalkstein gleicht der gemeine Dolomit, nur ist er öfters porös und von kleinen Drusenräumen durchzogen, meist reicher an Calciumkarbonat als der Formel des reinen Dolomit entspricht und er kann bald als ein mit Dolomit gemengter »dolomitisierter« Kalkstein, bald als ein mit Kalkspatkörnern durchsetzter Dolomit bezeichnet werden. Solche Dolomite treten in dem Devon der Eifel, in dem Zechstein Deutschlands, in der Trias in Südtirol, im Jura von Schwaben auf und stehen oft mit Kalkstein direkt in Verbindung, indem die den Atmosphärilien am meisten ausgesetzten Partien Dolomit, die geschützten aber Kalkstein sind.

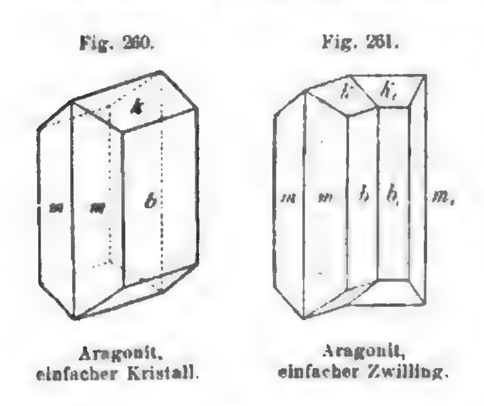
In diesem Fall ist es wohl keinem Zweifel unterworfen, dass der Dolomit aus dem Kalkstein hervorgegangen ist. Der Kalkstein enthält von Haus aus etwas Magnesiumkarbonat beigemischt — solcher, der hiervon frei ist, kann auch nicht Dolomit werden — und wenn nun die Atmosphärilien auf den Kalkstein einwirken, wird sein Calciumkarbonat zum Teil aufgelöst und fortgeführt, zum Teil aber verbindet es sich mit dem Magnesiumkarbonat zu Dolomit, der nicht aufgelöst wird, weil er viel schwerer löslich ist als Kalkspat. Durch den Verlust, den der Kalkstein durch die Auslaugung erfährt, erklärt sich die Porosität des Dolomits, durch die Umkristallisation sein groberes Korn. Bei völliger Dolomitisierung eines magnesiumarmen Kalksteins nehmen die Drusen immer mehr überhand, der Verband des Gesteins wird gelockert und schliesslich zerfällt es zu einem kristallinischen sandigen Pulver, das meist Dolomitasche genannt wird, obwohl es gar kein Verbrennungsprodukt, sondern ein Auslaugungsprodukt ist. Die Versteinerungen, die in einem solchen Kalkstein enthalten waren, verlieren ihre Kalkschalen und nur ein Abguss ihrer Form, ein sogenannter Steinkern bleibt übrig.

In andern Fällen ist Kalkstein in Dolomit dadurch umgewandelt worden, dass magnesiahaltige Lösungen mit ihm in Berührung gekommen sind. Indem auch hierbei ein Teil Calciumkarbonat fortgeführt wird, tritt der andere mit Magnesiumkarbonat zu Dolomit zusammen und bleibt als die schwerer lösliche Verbindung an Stelle von Kalkstein zurück. Der Prozess ist also ganz ähnlich dem, der aus Kalkstein ein Zinkerzlager entstehen lässt (Seite 122). Ob zu der Dolomitbildung höhere Temperatur gehöre oder ob nicht vielmehr andere im Wasser gleichzeitig gelöste Salze seine Bildung begünstigen, ist noch nicht entschieden, ich würde mich aber für die letztere Ansicht aussprechen. Vielleicht geht die Umwandlung von Kalkstein in Dolomit schon auf den in Bildung begriffenen Korallenriffen vor sich. Der Kalkstein ist hier oft als Aragonit vorhanden, der noch weniger beständig ist als Kalkspat; die magnesiumhaltige Lösung, welche die Umwandlung bewirkt, liefert das Meer, die höhere Temperatur, welche die Umwandlung jedenfalls begünstigt, wird durch die brennende Sonne erzeugt.

Die Mineralien der Aragonitgruppe.

Aragonit ist die andere, seltenere Modifikation des kristallisierten Calciumkarbonats, aber immer noch ein häufiges und wichtiges Mineral. Ein Teil des Calciums ist bisweilen durch Strontium oder Blei vertreten und man hat früher geglaubt, das beigemischte Strontium hätte bewirkt, dass sich das Calciumkarbonat als Aragonit abgeschieden habe. Heute wissen wir, dass viele reine Körper in verschiedenen Formen kristallisieren können und dazu gehört auch Calciumkarbonat. Der Unterschied gegen Kalkspat offenbart sich in der Form und den physikalischen Eigenschaften, weniger in dem chemischen Verhalten.

Die einfachen Kristalle lassen leicht erkennen, dass sie dem rhombischen System angehören; die meist langgestreckten Flächen m in Textfigur 260 werden als Vertikalprisma ∞P angenommen, b ist dann Brachypinakoid $\infty P\breve{\infty}$ und k das Brachydoma $P\breve{\infty}$. Der in Figur 1 auf unserer Tafel 74 abgebildete Kristall ist von den gleichen Flächen begrenzt, nur ist er etwas anders gestellt als die Zeichnung. Die Flächen am Ende entsprechen dem Brachydoma k, darunter liegt das langgestreckte Brachypinakoid und nach vorn rechts die langen Flächen des Vertikalprismas; die Flächen des Vertikalprismas schneiden sich unter einem Winkel von 116° 10′, die des Brachydomas unter 108° 26′, was man mit einem Anlegegoniometer leicht wenigstens annähernd feststellen kann. Ausser diesen einfachen Kristallen kommen noch spiessige mit steilen Flächen vor, die aber meist, wie Figur 12 zeigt, zu strahligen Aggregaten oder kleinen Büscheln vereinigt sind.



Aragonit, einfacher Kristall.

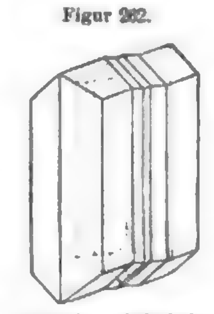
Aragonit, einfacher Zwilling.

Viel häufiger als einfache Kristalle sind Zwillinge, bei denen immer eine Fläche des Vertikalprismas Zwillingsebene ist, die aber doch verschieden aussehen, je nach der Form der Einzelkristalle und der Art, in der sich die Zwillingsbildung wiederholt. Die im Zwilling verwachsenen Kristalle besitzen oft die durch Figur 260 erläuterte Form und mit dem einen Individuum ist ein zweites ungefähr gleich grosses verwachsen, wie Textfigur 261 zeigt. An den natürlichen Kristallen wächst der von dem Brachypinakoid $b b_1$ gebildete einspringende Winkel meist zu und nur der von den Domenflächen $k k_1$ gebildete bleibt offen, wie wir an dem Zwilling in Figur 2 auf Tafel 74 sehen. Nun wiederholt sich

Digitized by Google

diese Zwillingsbildung nach derselben Prismenfläche, sodass ein Individuum (Figur 262) immer in Zwillingsstellung ist zu den benachbarten, aber das erste dem dritten und fünften parallel ist, und diese Zwillinge sind dann meist so ausgebildet, dass das erste und letzte Individuum breiter ist als die andern und diese als verschieden breite Lamellen dem Hauptkristall eingelagert sind. Die Kristalle 3 und 4 auf Tafel 74 lassen diese Zwillingsbildung erkennen, die Textfigur 262 erläutert sie. An andern Kristallen wiederholt sich die Zwillingsbildung auch nach der anderen Prismenfläche und immer geschieht dies bei denen, die an dem Ende nur von der Basis begrenzt sind. Mit dem einen Individuum verwächst ein zweites, mit dem zweiten ein drittes, und wenn hierbei der stumpfe Prismenwinkel nach innen zu liegen kommt, wird der Ring ziemlich, aber nicht vollkommen geschlossen; er wäre vollkommen geschlossen, wenn der Prismenwinkel genau 120° betrüge, da er aber nur 116° 10′ beträgt, müsste eine klaffende Lücke bleiben: bisweilen ist sie vorhanden, meist durch übergewucherte Aragonitsubstanz geschlossen. Wenn der spitze Winkel nach innen zu liegen kommt, können sechs Individuen miteinander verwachsen und im einzelnen herrscht hier sehr grosse Mannigfaltigkeit, immer aber sehen diese Zwillinge so aus, als seien sie von dem hexagonalen Prisma und der Basis begrenzt. Wir sehen solche Zwillinge in den Figuren 5—8 auf Tafel 74; bei dem Kristall 5 scheint es z. B. so, als ob zwei Individuen, deren Grenze durch die Streifung markiert ist, ihren spitzen Winkel nach innen wenden, zwei andere, die weniger scharf sich abheben und in unregelmässiger Linie aneinander grenzen, ihren stumpfen Winkel nach innen wenden. Bei dieser Gruppierung wird der Ring ganz genau geschlossen, denn zweimal 63° 50′ und zweimal 116° 10′ gibt genau 360°. Wenn die Zwillingsverwachsung im einzelnen nicht so wie hier aus der Streifung und dem Flächenglanz erschlossen werden kann, ist dies immer möglich, wenn man eine Platte parallel zur Basis im polarisierten Licht untersucht; alle die Flächenteile, die zu einem Individuum gehören, werden beim Umdrehen der Platte gleichzeitig dunkel und die, welche zu verschiedenen Individuen gehören, werden nacheinander dunkel.

Figur 262.



Aragonit, wiederholte Zwillingsbildung nach derselben Prismenfläche.

Im konvergenten polarisierten Licht gibt eine parallel zur Basis geschnittene Platte das in den Figuren 3 und 4 der Tafel 4 abgebildete Interferenzbild; stellt man die Platte so ein, dass sie das Bild 4 zeigt, und verschiebt sie parallel mit sich in dem Apparat, so bleibt das Bild unverändert, wenn die Platte einem einfachen Kristall entnommen ist, es springt aber plötzlich um, wenn die Platte aus einem Zwilling stammt und die Zwillingsgrenze überschritten wird. Die Doppelbrechung von Aragonit ist recht kräftig, die drei Hauptbrechungsexponenten sind für Natriumlicht:

$$\alpha = 1{,}5301, \quad \beta = 1{,}6816, \quad \gamma = 1{,}6859.$$

Die Kristalle sind, wie ein Blick auf die Tafel zeigt, weiss, schwach gelblich, weingelb, bräunlich, rötlich bis violett, bisweilen klar durchsichtig, oft trüb und, wenigstens in dickeren Schichten, undurchsichtig.

So unterscheidet sich Aragonit von Kalkspat in der Form und den damit in Verbindung stehenden optischen Eigenschaften, aber er ist doch bestrebt, die Kalkspatform nachzuahmen und es gelingt ihm dies in den zuletzt besprochenen Zwillingskristallen in hohem Grade; immerhin wird man den Aragonit erkennen können, wenn er gross genug kristallisiert oder der optischen Untersuchung zugänglich ist. Wenn er aber nur in kleinen Körnern oder faserigen Aggregaten vorliegt, wird die Unterscheidung auf diesem Weg schwierig wenn nicht unmöglich, das chemische Verhalten lässt im Stich, denn Aragonit

Digitized by Google

verhält sich merkbar ebenso wie Kalkspat; in diesem Fall helfen andere physikalische Eigenschaften. Es fehlt Aragonit die vollkommene Spaltbarkeit des Kalkspats, seine Bruchflächen sind unregelmässig muschlig, vor allem aber besitzt er ein höheres spezifisches Gewicht, nämlich 2,93 gegen 2,72 von Kalkspat. In reinem Bromoform wird daher Aragonit untersinken, Kalkspat aber schwimmen bleiben, das beste Unterscheidungsmittel, das auf jedes kleine Körnchen anwendbar ist. Von den andern rhombischen Karbonaten kann Aragonit leicht durch die Flammenfärbung unterschieden werden, indem ein mit Salzsäure befeuchtetes Körnchen die farblose Flamme gelbrot färbt.

Wie bei anderen dimorphen Körpern kann auch hier eine Art durch Erwärmen in die andere übergeführt werden, aber nur in dem einen Sinn, dass Aragonit bei etwa 300° in Kalkspat, nicht aber auch so, dass Kalkspat durch Abkühlung in Aragonit umgewandelt werden kann. Solche dimorphe Körper, bei denen Umwandlung nur in einem Sinne möglich ist, werden monotrop genannt, und Aragonit ist unter den Mineralien das beste Beispiel für diese Art von Dimorphie. Bei der Umwandlung lagern sich die Kalkspatteilchen ganz regelmässig innerhalb der Aragonitform aneinander, nämlich so, dass die Hauptachse der Kalkspatrhomboederchen mit der Vertikalachse von Aragonit zusammenfällt; dabei wird aber das Gefüge derart gelockert, dass der umgewandelte Kristall leicht in Pulver auseinanderfällt, das an dem spezifischen Gewicht als Kalkspat erkannt werden kann. Unter welchen Bedingungen sich Calciumkarbonat als Kalkspat oder Aragonit ausscheide, haben wir bei Kalkspat gesehen (Seite 392) und können hier darauf verweisen.

Aus der Umwandlung bei höherer Temperatur und aus den Entstehungsbedingungen ist zu schliessen, dass Aragonit unbeständiger ist als Kalkspat; durch seine Verwitterung wird dies bestätigt. Aragonit wird wie Kalkspat von den Atmosphärilien angegriffen und aufgelöst, dabei aber bisweilen teilweise in Kalkspat umgewandelt, und dies ist möglich, weil Kalkspat schwerer löslich ist als Aragonit. Aus einer für Aragonit gesättigten Lösung von Calciumkarbonat kann sich daher Kalkspat ausscheiden, weil die Lösung für ihn übersättigt ist, und bei dauernder Berührung mit kohlensäurehaltigem Wasser wird aus Aragonit der beständigere Kalkspat hervorgehen. Wir sehen einen solchen in Kalkspat umgewandelten Aragonit in Figur 9 auf Tafel 74. Die Form ist die gleiche wie bei den Kristallen 5—8, die Form ist aber hohl, weil ein Teil des kohlensauren Kalks aufgelöst und fortgeführt ist, die Wände sind körnig, rauh und drusig, weil sie aus neugebildetem Kalkspat bestehen. Die Kristalle sind demnach Pseudomorphosen von Kalkspat nach Aragonit; dieser hat die Form gebaut, jener füllt sie jetzt aus. Auch andere Pseudomorphosen sind aus Aragonit hervorgegangen, eine solche von gediegenem Kupfer zeigt uns Figur 10 der Tafel 74. Der Kristall war ein Zwilling wie der nebenstehende in Figur 7, nur ist er mehr nach rechts geneigt, weil so seine Form am vorteilhaftesten herauskam. Wir sehen die sechsseitige Endfläche und senkrecht dazu die hier nicht ganz vollständigen Prismenflächen. Durch Verwitterung ist diese Pseudomorphose nicht entstanden, das Kupfer hat vielmehr das Calciumkarbonat verdrängt.

Ausser in Kristallen kommt Aragonit in mancherlei Aggregatformen vor, die, so mannigfaltig ihre äussere Gestalt sein mag, sich alle darin gleichen, dass sie im Innern faserig beschaffen sind. Die Neigung zu radialstengeligen Aggregaten kommt schon in dem Stück der Figur 12 auf Tafel 74 zum Ausdruck, noch ausgesprochener tritt sie uns in Figur 11 auf Tafel 74 entgegen. Die einzelnen Fasern, die hier noch recht grob sind, werden nun in andern Aggregaten äusserst fein und bilden bald ein nahezu dichtes Gestein, wie den Sprudelstein, auf dem Karlsbad zum Teil erbaut ist, bald vereinigen sie sich zu verschieden gestalteten Formen; so bilden sie den aus radialfaserigen und konzentrisch-schaligen Kügelchen aufgebauten Erbsenstein (Tafel 75, 1) und die aus zier-

lichen, gebogenen und miteinander verschlungenen Aestchen bestehende Eisenblüte (Tafel 75, 2), so genannt, weil sie bei der Verwitterung von kalkhaltigem Spateisenstein aus diesem herausblüt.

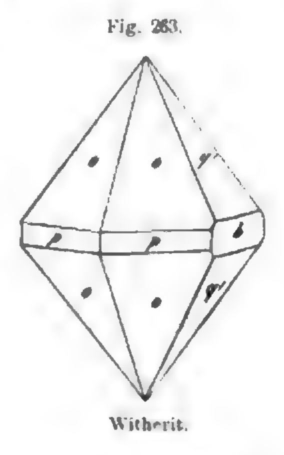
Vorkommen. Aragonit findet sich eingewachsen in Gips, auf Erzgängen und in Schwefellagern, in vulkanischen Gesteinen und an heissen Quellen, aber nur selten auf Spalten in Kalkstein; hier, in Berührung mit Kalkspat, bildet sich in der Regel dieser. Ausserdem ist Aragonit sehr häufig Bestandteil von Muschel- und Schneckenschalen; die faserigen Kalkschichten in ihnen bestehen aus Aragonit.

Die schönen weingelben Kristalle der Figuren 1—4 auf Tafel 74 stammen aus Basalttuffen von Horschenz bei Bilin in Böhmen, die in Kalkspat umgewandelten Kristalle der Figur 9 aus dem Basalttuff der Blauen Kuppe bei Eschwege in Hessen, sonst sind in Basalten und ihren Tuffen spiessige Kristalle und radialstrahlige Aggregate häufiger. So stammt aus Basalttuff der in Figur 11 abgebildete radialfaserige Aragonit von dem Leidenhöfer Kopf bei Giessen. In Gips eingewachsen kommen Aragonitkristalle bei Bastennes unfern Dax in den französischen Pyrenäen (Tafel 74, 6) und bei Molina in Aragonien (Tafel 74, 7) vor und nach diesem Land hat Aragonit seinen Namen bekommen. In Keupermergel kommen grosse, zum Teil in Kalkspat umgewandelte, wie Figur 5—9 begrenzte Kristalle bei Klein-Sachsenheim in Württemberg vor, von Erzgängen bei Herrengrund in Ungarn stammt der weisse, in Figur 8 abgebildete Kristall, ebenso sehen die von Leogang in Salzburg aus; aus den Schwefellagern von Sizilien stammt der Kristall in Figur 5 auf Tafel 74. Aus dem Sprudel in Karlsbad hat sich der gebänderte feinfaserige Sprudelstein und der Erbsenstein (Tafel 75, 1) abgeschieden, die Eisenblüte (Tafel 75, 2) findet sich in dem Eisenerzlager von Hüttenberg in Kärnten. Spiessiger Aragonit ist auf andern Eisenerzlagern recht häufig, z. B. am Iberg im Harz, der in Figur 12 auf Tafel 74 stammt von Frizington in Cumberland.

Verwendung. Sprudelstein und Erbsenstein werden zu kleinen Ziergegenständen verarbeitet, aus grobkörnigem und grossfaserigem Aragonit, der in Aegypten, Oran und Mexiko vorkommt und zum Teil jedenfalls ein ganz junger Quellabsatz ist, werden grössere Gegenstände, selbst Säulen (z. B. in der Kirche S. Paolo fuori le mura in Rom) hergestellt. Er führt in dieser Ausbildung den Namen orientalischer Alabaster, Onyx-Alabaster, Onyxmarmor und mexikanischer Onyx.

Witherit. Auch die Kristalle von Witherit scheinen hexagonal zu sein, und wie die von Aragonit ein hexagonales Prisma mit Basis nachahmen, so gleichen diese einer hexagonalen Pyramide (Tafel 75, 3—5), sind aber doch rhombisch. Ein einfacher Kristall (Textfigur 263) wäre von der Pyramide $o = P$ und dem Brachydoma $q = 2P\breve{\infty}$ begrenzt, die zusammen eine sechsseitige Pyramide erzeugen; dazu tritt bisweilen noch das Vertikalprisma $p = \infty P$ und das Brachypinakoid $b = \infty P\breve{\infty}$. Die grössere Annäherung an das hexagonale System findet in den Winkeln des Vertikalprismas einen Ausdruck, der sich mit $117^3/_4{}^0$ noch mehr dem eines wirklich hexagonalen Prismas nähert als der von Aragonit. Die Kristalle sind nun fast alle Zwillinge, in denen die Einzelkristalle nach einer Fläche des Vertikalprismas verwachsen und zu geschlossenen sechsseitigen Pyramiden vereinigt sind. Von aussen kann man es einem Kristall kaum ansehen, ob er einfach oder ein Zwilling ist, im polarisierten Licht lassen die parallel zur Basis geschliffenen Platten die Art der Verwachsung leicht erkennen.

Fig. 263.



Witherit.

Solange Witherit in solchen Kristallen vorliegt, kann man ihn immer leicht von Aragonit und Strontianit, die mehr prismatisch entwickelt sind, unterscheiden, am meisten

gleicht er in der Form gewissen Zwillingen von Weissbleierz (Seite 111), unterscheidet sich aber von diesem doch in der Art seines Vorkommens. Wenn aber diese Mineralien körnig oder faserig entwickelt sind und die charakteristischen äusseren Merkmale fortfallen, lassen sie sich doch mit aller Sicherheit durch die Flammenfärbung unterscheiden. Ein Körnchen von Witherit mit Salzsäure befeuchtet, färbt die Flamme gelbgrün, Aragonit gelbrot, Strontianit schön karminrot, eine Verwechslung ist völlig ausgeschlossen; dabei sind alle drei in verdünnter Salzsäure löslich. Weissbleierz gibt vor dem Lötrohr auf Kohle nach kurzem Blasen ein Korn von metallischem Blei und unterscheidet sich hierdurch von allen andern Karbonaten.

Witherit ist weiss, grau oder gelblich, intensive Färbung kommt bei ihm nicht vor. Meist bildet er derbe, radialstengelige oder körnige Aggregate, die ihren Baryumgehalt schon durch das hohe spezifische Gewicht von 4,3 verraten. Die Härte ist wenig höher als die von Kalkspat. Reiner Witherit enthält 77,68% Baryterde (BaO) und 22,32% Kohlensäure, in dem ähnlichen Alstonit ist ein Teil des Baryums durch Calcium vertreten.

Kristalle von Witherit finden sich auf Bleierzgängen bei Hexham in Northumberland (Tafel 75, 3—5), Alston Moore in Cumberland, faserige Massen in Shropshire und in andern Bezirken des nordwestlichen Englands. Ganz untergeordnet bei Leogang in Salzburg.

Verwendung. Witherit ist zwar selten, aber nach Schwerspat doch das häufigste Baryummineral und darum als Rohprodukt für die Darstellung von Baryumpräparaten wichtig, um so mehr, als er durch Säuren leicht zersetzt werden kann, was bei Schwerspat nicht der Fall ist. Baryumchlorid dient als Reagens zum Nachweis von Schwefelsäure, Baryumnitrat wird in der Feuerwerkerei zur Herstellung von Grünfeuer benutzt; in der Glasindustrie wird Witherit (und Schwerspat) zur Herstellung von Barytgläsern verbraucht.

Strontianit hat in seiner Ausbildung wieder mehr Aehnlichkeit mit Aragonit, insofern, als seine Kristalle säulig und spiessig entwickelt sind, gute Kristalle sind aber überhaupt selten, grosse und isolierte kommen kaum vor, im besten Fall bildet Strontianit grobstengelige Aggregate, deren Enden frei auslaufen (Tafel 75, 6) und von stumpfen oder steilen Pyramiden- und Domenflächen begrenzt sind. Hauptsächlich kommt Strontianit in weissen, gelblichen oder grünlichen radialstrahligen und feinstengeligen Aggregaten vor, die von andern ähnlichen dadurch zu unterscheiden sind, dass sie sich in verdünnter Salzsäure unter Aufbrausen lösen und die Flamme karminrot färben, Kohlensäure und Strontian ist damit nachgewiesen. Reiner Strontianit enthält 70,17% Strontian* und 29,83% Kohlensäure, in der Regel enthält er Calciumkarbonat als isomorphe Beimischung. Das spezifische Gewicht beträgt 3,6—3,8, die Härte ungefähr $3^1/_2$.

Strontianit bildet für sich Gänge in der Kreideformation bei Hamm und Drensteinfurt (Tafel 75, 6) in Westfalen und dies ist von allen das wichtigste Vorkommen. Ausserdem findet er sich auf Erzgängen zu Strontian in Schottland, bei Claustal im Harz, Bräunsdorf bei Freiberg i. S., Leogang in Salzburg; diese Vorkommen haben aber technisch gar keine Bedeutung.

Verwendung. Strontianit ist das am leichtesten zu verarbeitende Rohmaterial für Strontiumpräparate und wird daher in Westfalen, wo er in genügender Mächtigkeit vorkommt, durch Bergbau gewonnen. Für seine Verwendung ist bemerkenswert, dass die Kohlensäure nicht wie bei Kalkspat durch einfaches Erhitzen ausgetrieben werden kann, er muss hierzu entweder in Wasserdampf oder mit Kohle, am besten mit beiden

* Unter Strontian versteht man Strontiumoxyd SrO, während Strontium der Name für das reine Element Sr ist.

erhitzt werden. Das so oder aus dem Nitrat erzeugte Strontiumoxyd und -hydroxyd wird in der Zuckerindustrie verwendet, um aus der Melasse noch den letzten Rest Zucker zu gewinnen. Zucker verbindet sich mit Strontian zu schwer löslichem Saccharat, einer Strontianzuckerverbindung, und kann als solches von der Melasse abgeschieden werden. Aus dem Saccharat wird Strontian durch Kohlensäure ausgefällt und die zurückbleibende Zuckerlösung wird in der Raffinerie eingedampft, gereinigt, und reiner, von Strontian freier Zucker wird daraus gewonnen, der wohl auch nach dem Verfahren Strontianzucker genannt wird. Strontiumnitrat wird in der Feuerwerkerei zur Herstellung von Rotfeuer benutzt. Trotzdem Deutschland die reichsten Strontianitlager besitzt, führt es doch jährlich noch ca. 9000 Tonnen Strontianmineralien, hierunter besonders den häufigeren Cölestin, ein, um seinen Bedarf zu decken.

Die Mineralien der Schwerspatgruppe.

Dieselben basischen Bestandteile, die in den Mineralien der Aragonitgruppe, mit Kohlensäure verbunden, enthalten sind, kommen auch mit Schwefelsäure verbunden in der Natur vor. Das schwefelsaure Baryum heisst als Mineral Schwerspat, das schwefelsaure Strontium Cölestin, das schwefelsaure Blei Anglesit. Alle drei gehören dem rhombischen System an, sind in der Formenausbildung nahe miteinander verwandt und können in eine isomorphe Reihe vereinigt werden. Das entsprechende Kalksalz, der Anhydrit, unterscheidet sich von ihnen in der Formenausbildung und der Spaltbarkeit so erheblich, dass es nicht in die gleiche Reihe aufgenommen werden kann; wir werden daher Anhydrit nicht dieser Gruppe zuordnen, sondern ihn zusammen mit dem häufigeren wasserhaltigen Calciumsulfat, dem Gips, betrachten, mit dem er Vorkommen und Entstehung gemein hat.

Die drei genannten Mineralien besitzen Spaltbarkeit nach den Flächen eines Prismas und einer dazu senkrechten Fläche. Diese Fläche, der die vollkommenste Spaltrichtung parallel geht, wird von Naumann-Zirkel und Tschermak als Brachypinakoid, von Bauer und Dana aber als Basis angenommen. Das zu ihr senkrechte Prisma wird im ersten Fall zu einem Makrodoma, im andern zu einem Vertikalprisma. Wir nehmen für die Zeichnungen die letztere Stellung an, die Textfiguren 264—266 sind also so gestellt, dass die beste Spaltfläche der oberen Basisfläche *c* parallel geht. Für die Abbildungen auf den Tafeln ist keine von diesen Aufstellungen recht geeignet, weil sie die Form nur sehr verkürzt wiedergeben, ich habe die meisten so gestellt, dass sie die Breitseite nach vorne wenden, dies wäre also dieselbe Fläche, die in den Textfiguren oben liegt und von uns als Basis angenommen ist; die Flächen des dazu senkrechten Vertikalprismas sind in den Abbildungen oft durch zarte Spaltungsrisse angedeutet, so in den Figuren 1, 2 und 4 der Tafel 76 und Figur 5 der Tafel 78. Will man die Kristalle so stellen, wie die Textfiguren, so dienen diese Spaltungsrisse zur Orientierung; die Fläche, zu der sie senkrecht sind, wird obere Basisfläche, die Halbierungslinie des stumpfen, von den Spaltrissen gebildeten Winkels geht als kurze Achse auf den Beobachter zu, die des spitzen läuft als Querachse von links nach rechts.

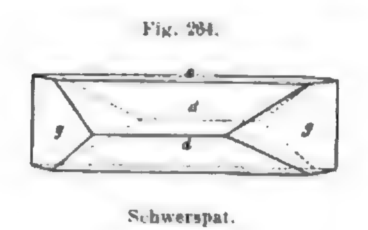
Die Verwandtschaft der drei Mineralien tritt in der Formenausbildung hervor, wie ein Vergleich der auf Tafel 76 und 78 abgebildeten Kristalle erkennen lässt, und sie äussert sich in den Winkeln, die die entsprechenden Flächen miteinander bilden; so beträgt der Winkel des Spaltungsprismas bei Schwerspat 101° 40′, bei Cölestin 104° und bei Anglesit 103° 45′. Das letztere Mineral haben wir schon bei den Bleiverbindungen (Seite 113) kennen gelernt, es wird uns hier nicht weiter beschäftigen.

Schwerspat ist das häufigste baryumhaltige Mineral und hat wegen des hohen spezifischen Gewichtes (4,5) seinen Namen bekommen. Auf die gleiche Eigenschaft be-

zieht sich sein anderer Name Baryt, aus dem griechischen Wort βαρύς (= schwer) gebildet. In der Tat sind nur wenige Mineralien, die kein schweres Metall enthalten, so schwer wie Schwerspat, und jedenfalls ist er von allen diesen das häufigste. Weist so die erste Silbe auf seine Dichte hin, so erinnert die zweite daran, dass er deutliche Spaltbarkeit besitzt wie Kalkspat, Feldspat oder Gipsspat. Die Spaltbarkeit nach der Basis ist vollkommener als die nach den Prismenflächen, und oft sind die Kristalle in diesen Richtungen von Rissen durchsetzt, die, wie wir gesehen haben, zur Orientierung bei der kristallographischen Betrachtung dienen können.

Wenn wir unserer Verabredung gemäss das Prisma, dem die Spaltbarkeit parallel geht, als Vertikalprisma ∞P annehmen, so haben wir in Figur 2 der Tafel 76 die oberen Flächen als die des Vertikalprismas zu bezeichnen, die grosse vordere ist die Basis, die seitliche ein Makrodoma; von denselben Flächen ist der Kristall in Figur 4 begrenzt, nur ist er länger und schmaler. Eine von gleichen Flächen begrenzte Form in der üblichen Aufstellung zeigt uns die Textfigur 264, *g* ist das Vertikalprisma ∞P, *d* das Makrodoma $\frac{1}{2} P\bar{\infty}$, *o* die Basis $0P$. An den beiden Kristallen 2 und 4 der Tafel sehen wir noch etwas ganz Besonderes. Sie sind im Innern braun, aussen farblos und im Innern noch von einer Fläche begrenzt, die aussen fehlt; sie würde die scharfe Kante des Prismas (*g*) abstumpfen, ist also das Brachypinakoid. Eine so ausgeprägte Zonenstruktur ist bei Schwerspat selten, nur an den Kristallen von Mowbray trifft man sie häufiger an.

Fig. 264.



Schwerspat.

Zu den Flächen, welche die Kristalle 3 und 4 umschliessen, tritt an dem farblosen Kristall der Figur 1 noch das Brachydoma $P\breve{\infty}$ (oben), die Prismenflächen sind klein; sie fehlen völlig an den sonst gleich begrenzten Kristallen der Stufe 5. Ihre Form erläutert uns Textfigur 265, *o* ist wieder die Basis, *d* das Makrodoma $\frac{1}{2} P\bar{\infty}$, *f* das Brachydoma $P\breve{\infty}$. Genau die gleichen Flächen, nur in anderer Ausdehnung, zeigt die Textfigur 266, der der Kristall in Figur 6 auf Tafel 76 entspricht, jedoch wendet er die Basis wieder nach vorn. Diesem wieder gleich sind die Kristalle der Stufe 3, ihm ähnlich ist der lange Kristall in Figur 12.

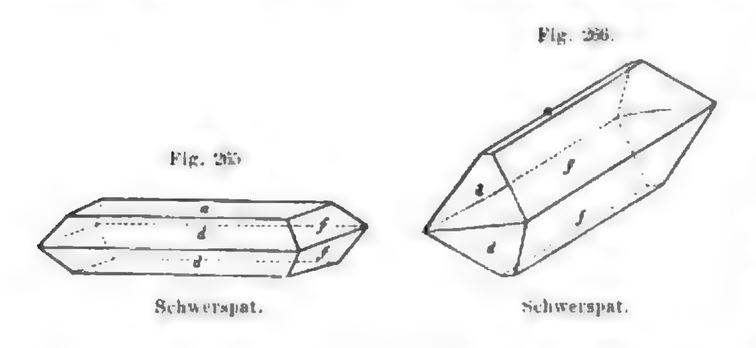


Fig. 265. Schwerspat.

Fig. 266. Schwerspat.

Nur von dem Prisma und der Basis ist der grosse tafelige Kristall in Figur 10, von diesen Flächen und dem Brachypinakoid der vollständige Kristall in Figur 7 begrenzt.

Wir sehen, es treten fast immer wieder die gleichen Flächen auf und die Kristalle unterscheiden sich durch deren verschiedene Ausbildung und sind bald tafelig nach der Basis, bald prismatisch, nur die rhombischen Pyramiden sind immer klein, niemals begrenzen sie allein die ganze Form.

Die Flächen sind genügend gross, so dass man mit dem Anlegegoniometer die Winkel messen kann; wir finden:

$$\infty P : \infty P = 101^3/_4{}^0, \quad 0P : \tfrac{1}{2} P\infty = 141^0, \quad 0P : P\infty = 121^1/_4{}^0, \quad 0P : P\infty = 127^1/_4{}^0;$$

immer ist hierbei das Prisma, nach dessen Flächen die Spaltbarkeit verläuft, als Vertikalprisma ∞P angenommen.

Digitized by Google

Die Kristalle sind bald regellos auf einer Unterlage aufgewachsen, wie uns die Stufe in Figur 3 der Tafel 76 zeigt, bald sind sie mehr oder weniger regelmässig miteinander vereinigt. Besonders häufig sind sie parallel miteinander verwachsen, derart, dass kleinere und grössere Kristalle aus einer Unterlage von derbem Schwerspat herauswachsen; dies ist der Fall bei der in Figur 5 der Tafel 76 abgebildeten kleinen und der grossen Stufe auf Tafel 77. In andern Fällen verwachsen tafelige Kristalle nicht parallel miteinander und bilden hahnenkammförmige Aggregate, wie wir ein solches in Figur 11 auf Tafel 76 sehen, oder die Einzelkristalle stellen sich zueinander wie die Blätter einer Rose und erzeugen Kristallgruppen, ähnlich denen von Eisenglanz. Die Textfigur 267 zeigt uns eine solche aus dem tertiären Sand von Rockenberg bei Butzbach in Hessen, in der drei Rosetten verwachsen sind; sie kommen hier in der gleichen Weise auch einzeln, aber auch in grossen aus vielen solcher Rosetten bestehenden Gruppen vor. Der Schwerspat selbst ist sehr reich an Sand (enthält bis 20%) und in dieser Beziehung dem Kalkspat von Fontainebleau (Tafel 72, 8) und dem Gips von Sperenberg (Tafel 79, 4) zu vergleichen. Bei weitergehender nicht paralleler Verwachsung entstehen Kugeln, die im Innern faserig oder blätterig beschaffen sind. Auch blumig-strahlige Wachstumsformen kommen vor, etwa denen von Wollastonit (Tafel 2, 5) ähnlich. Eigentliche Zwillinge sind von Schwerspat nicht bekannt, nur sind derbe Massen bisweilen von feinen Zwillingslamellen durchsetzt. Am häufigsten kommt Schwerspat in grosskörnigen bis dichten weissen oder fleischroten Massen vor, aus denen, solange sie grossblätterig genug sind, leicht Spaltungsstücke hergestellt werden können.

Fig. 267.

Schwerspatrosette von Rockenberg bei Butzbach in Hessen.

Ueber die Färbung von Schwerspat gibt Tafel 76 genügend Auskunft. Die Kristalle sind manchmal farblos durchsichtig, meist etwas trüb und schwach gelblich gefärbt, seltener braun, rot, bläulich oder grünlich. Die Kristalle in Figur 2 und 3 zeigen die schon besprochene ausgezeichnete Zonenstruktur; an den Kristallen der Stufe 3 sind die freien Enden gelbbraun gefärbt, an denen der Stufe 5 sind die Domenflächen mit einem dünnen Ueberzug von Eisenoxyd bedeckt, der Kristall in Figur 9 ist durch eingeschlossenen Zinnober rot gefärbt. Andere Kristalle enthalten Antimonglanz, Auripigment oder Realgar eingeschlossen und sind hierdurch grau, gelb oder rot.

Wenn die Form zur Bestimmung nicht hinreichen oder, bei derbem Schwerspat, eine Verwechslung mit einem anderen Mineral in Frage kommen sollte, so dient zur Bestimmung das spezifische Gewicht von 4,5, die Härte von $3^1/_2$ und sein Verhalten beim Glühen mit oder ohne Reagenzien. Ein Splitter springt in der Flamme heftig auseinander und färbt in diesem Moment die Flamme schwach gelblichgrün. So schnell diese Färbung auch vorübergeht, so genügt sie doch, um das Baryum zu erkennen. Gepulverter Schwerspat gibt, mit Soda auf der Kohle zusammengeschmolzen, die Heparreaktion, damit ist der Schwefel und in diesem Fall die Schwefelsäure erkannt. Reiner Schwerspat enthält 65,68% Baryterde (BaO) und 34,32% Schwefelsäure, bisweilen ist ein Teil des Baryum durch Strontium oder Calcium ersetzt.

Digitized by Google

An den im Tone des Monte Paterno bei Bologna vorkommenden kugelförmigen Schwerspat, dem Bologneser Spat, hat man zuerst die Eigenschaft der Phosphoreszenz entdeckt. Wenn er nämlich mit kohligen Substanzen geglüht und hierdurch in Schwefelbaryum übergeführt wird, so leuchtet das Pulver im Dunklen, besonders nachdem es von der Sonne bestrahlt war. Diese Eigenschaft teilt Schwefelbaryum mit Schwefelstrontium und Schwefelcalcium und die Farbe und Intensität des Lichtes, das diese Verbindungen ausstrahlen, hängt von ihrer Zusammensetzung und geringen fremden Beimischungen ab.

Schwerspat gehört zu den in Wasser am schwersten löslichen Mineralien, und ist das am schwersten lösliche Sulfat; daher ist ein in Wasser gelöstes Baryumsalz (Baryumchlorid) das beste Reagens auf Schwefelsäure. In einem Liter reinen Wassers lösen sich bei 15^0 nur 3 mg Schwerspat auf, die Löslichkeit wird aber durch höhere Temperatur und andere gleichzeitig im Wasser gelöste Stoffe erheblich grösser. Wenn man einer Lösung von Baryumchlorid Schwefelsäure zusetzt, so fällt das schwefelsaure Baryum als feiner, amorpher Niederschlag aus. Wenn man es aber so einrichtet, dass zu der stark verdünnten Lösung ganz allmählich verdünnte Schwefelsäure zutritt, so scheidet sich das schwefelsaure Baryum in Kriställchen aus, die die Form von Schwerspat haben und um so grösser sind, je verdünnter die Lösungen waren und je mehr Zeit sie zu ihrer Bildung hatten. Die natürlichen Kristalle sind sicher auch aus wässrigen Lösungen abgeschieden, und mögen bald aus zwei Lösungen, von denen die eine ein Baryumsalz (Baryumchlorid oder Baryumbikarbonat), die andere ein Schwefelsäuresalz (Gips, Eisenvitriol) enthielt, bald aus einer einzigen Lösung entstanden sein, die das Baryumsulfat gelöst enthielt und aus der es sich durch Abkühlung oder durch andere Umstände ausgeschieden hat.

Der Verwitterung ist Schwerspat wegen seiner schweren Löslichkeit nur selten unterworfen. Wenn ein kohlensaures Salz in Massen auf ihn einwirkt, kann er in Witherit übergehen, besonders aber wird er in der Natur durch Kieselsäure verdrängt, die als Quarz an seine Stelle tritt, die Kristalle umhüllt und schliesslich ganz verdrängt. Im Odenwald und Taunus ist so bisweilen in Gängen auftretender Schwerspat von Quarz ersetzt, grosse und schöne Pseudomorphosen von Quarz nach Schwerspat sind bei Griedel unfern Butzbach in Hessen vorgekommen.

Schwerspat ist in Blei-, Silber-, Kobalt- und Manganerzgängen und Lagern ein häufiger Begleiter der Erze; so findet er sich im Erzgebirge bei Freiberg und Marienberg, in Böhmen bei Pribram (Tafel 76, 3), in Ungarn bei Kapnik, Schemnitz und Felsöbanya, im Harz bei Ilfeld (Tafel 76, 5, mit Manganit Tafel 34, 5) und Claustal. In England bei Mowbray (Tafel 76, 2 und 4), Frizington (Tafel 76, 10), Parkside (Tafel 76, 12) und an andern Orten.

In selbständigen Gängen tritt Schwerspat, oft von Flussspat und Quarz begleitet, im Odenwald (Tafel 77), in dem rheinischen Schiefergebirge im Bezirk von Dillenburg und bei Meggen an der Lenne, im Thüringer Wald bei Brotterode, im Schwarzwald und in vielen andern Gegenden auf.

Als Bindemittel von tertiärem Sandstein tritt Schwerspat bei Münzenberg in der Wetterau auf; in dem losen Sand derselben Gegend (Rockenberg) kommen die schönen Rosetten vor, von denen wir eine in der Textfigur 267 abgebildet haben. Ganz ebenso kommt Schwerspat bei Vilbel und Kreuznach vor. Auch auf Hohlräumen in Kalkstein und im Innern von Versteinerungen ist Schwerspat gefunden worden, er ist ein sehr verbreitetes Mineral.

Verwendung. Schwerspat ist das wichtigste Rohmaterial für Baryumpräparate und wird selbst seines Gewichtes wegen vielfach benutzt. Baryumchlorid wird durch

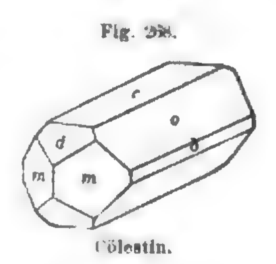
Digitized by Google

Glühen eines innigen Gemenges von gemahlenem Schwerspat, Kohle und Chlorcalcium in alten Leblancsodafabriken hergestellt; als leicht lösliches Baryumsalz wird es vielfach benutzt. Durch Umsetzung mit Chilesalpeter wird es in Baryumnitrat übergeführt, das zu Grünfeuer gebraucht wird. Durch Glühen wird aus Baryumnitrat Baryumsuperoxyd BaO_2 dargestellt, das mit verdünnter Säure Wasserstoffsuperoxyd liefert und zum Bleichen gebraucht wird. In Frankreich allein werden jährlich etwa 1000 Tonnen Baryumsuperoxyd dargestellt. Das aus Baryumchlorid gefällte Baryumsulfat wird unter dem Namen Blanc fixe als Anstrichfarbe benutzt, hat aber wenig Deckkraft; wirksamer ist das aus gefälltem Baryumsulfat und Schwefelzink bestehende Lithopone-Weiss (Seite 123).

Cölestin. Die Verwandtschaft zwischen Cölestin und Schwerspat tritt in der Formenausbildung klar zutage, es ist manchmal gar nicht möglich, durch blosses Betrachten der Form beide zu unterscheiden, man muss schon die Winkel messen oder die Substanz chemisch prüfen. So sind früher die schönen Kristalle aus den Schwefellagern von Sizilien (Tafel 78, 1—3) für Schwerspat gehalten worden und die der Figur 7 würde wohl auch ein gewiegter Mineraloge zuerst für Schwerspat angesprochen haben, schon weil Schwerspat viel häufiger ist als Cölestin. Wenn aber ein bestimmtes Vorkommen erst einmal als Cölestin bestimmt ist, wird man es immer wieder erkennen, denn eine Verwechslung mit einem andern Mineral als Schwerspat ist ausgeschlossen.

Die grosse Aehnlichkeit in der Formenausbildung beider Mineralien erkennen wir bei einem Blick auf die Tafel 78 und 76. An dem grossen Kristall der Figur 5 auf Tafel 78 sehen wir wieder die Spaltungsrisse, die senkrecht zur grossen Fläche einsetzen und den oben rechts und links vorhandenen Prismenflächen parallel gehen; die grosse Fläche würden wir also als Basis annehmen, die andern wären die des Vertikalprismas; ausserdem ist wieder ein Makrodoma (rechts und links) und ein Brachydoma (oben) vorhanden, die Form stimmt mit der von Schwerspat in Figur 1 auf Tafel 76 völlig überein. Die bläulichen Cölestinkristalle der Figur 7 auf Tafel 78 haben genau die gleiche Form wie der Schwerspatkristall der Figur 4 auf Tafel 76; die Textfigur 264 gibt ihre Form ebenso gut wieder wie die von jenem Schwerspat. Die Cölestinkristalle der Figuren 1—3 auf Tafel 78 haben ziemlich die gleiche Form wie die Schwerspatkristalle auf Stufe 3 der Tafel 76, sie wird uns durch die nebenstehende Textfigur 268 näher erläutert: *c* ist die Basis, die an den Kristallen meist sehr schmal ist, schmaler als in dieser Zeichnung, *o* ist das Brachydoma $P\breve{\infty}$, *d* das Makrodoma $\frac{1}{2}P\bar{\infty}$, *m* das Vertikalprisma ∞P und *b* das schmale Brachypinakoid $\infty P\breve{\infty}$. Die so ausgebildeten Kristalle sind meist mit dem einen, von den Prismenflächen *m* begrenzten Ende aufgewachsen und sind nach der Domenfläche prismatisch entwickelt wie der Kristall in Figur 2 auf Tafel 78 zeigt, die Aufstellung, bei der diese grossen Flächen als Prismenflächen gewählt werden, ist also nicht so ganz unberechtigt.

Fig. 268.



Cölestin.

Eine von Schwerspat abweichende Form von Coelestin sehen wir an den Kristallen der Figur 6 auf Tafel 78, die von einer rhombischen Pyramide und der Basis begrenzt sind, und an denen der Figur 10, die eine drusige Endfläche nach oben wenden.

Bei genügend grossen und glatten Flächen kann man schon aus den mit einem Anlegegoniometer zu messenden Winkeln Cölestin erkennen. Es ist der Winkel des Spaltungsprismas $\infty P : \infty P = 104^{\circ}\,10'$ und nur um wenige Minuten weicht davon der Winkel ab, den die Flächen des Brachydomas *o* miteinander bilden und der 104° beträgt. Es ist ferner $0P : P\bar{\infty} = 128$ und $0P : \frac{1}{2}P\bar{\infty} = 140\frac{1}{2}^{\circ}$.

Cölestin ist an sich farblos, neigt aber besonders zu bläulicher Farbe, wie uns die gut getroffenen Abbildungen auf Tafel 78 zeigen. Die Kristalle der Figur 1 sind nur

Digitized by Google

an den Enden zart blau, die andern in Figuren 5—7, 9 und 10 sind ziemlich gleichmässig gefärbt, der grosse Kristall der Figur 5 nur schwach, die der Figur 6 schon recht kräftig. Wegen dieser himmelblauen Farbe hat Werner unserem Mineral, das er an faserigen, blauen, der Figur 9 ganz gleichen Platten aus dem Kalkstein von Frankstown in Pennsylvanien zuerst kennen gelernt hatte, den Namen Cölestin gegeben.

Vor dem Lötrohr zerknistert Cölestin und färbt die Flamme karminrot, sein Strontiumgehalt ist damit erkannt. Der Strontiangehalt (SrO) beträgt 56,4%, der Gehalt an Schwefelsäure (SO_3) 43,6%; ein Teil des Strontiums ist oft durch Calcium oder Baryum ersetzt. Das spezifische Gewicht beträgt 4,0, ist also erheblich geringer als das von Schwerspat, die Härte ist ebenso hoch ($3\frac{1}{2}$).

Das älteste bekannte Vorkommen von Cölestin in Deutschland ist das des faserigen blauen Cölestins aus dem Muschelkalk von Dornburg bei Jena (Tafel 79, 9). Schon Quenstedt sagt von ihm, dass er Platten wie Fasergips bilde und in der neuesten Zeit wird er tatsächlich als eine Pseudomorphose nach Fasergips angesehen. Ihm ganz gleich ist der faserige Cölestin aus dem Juraton des Eichberges bei Blumberg im badischen Oberland und von Frankstown in Pennsylvanien. Die grossen Kristalle der Stufe 7 stammen von Gemböck bei Corbach in Waldeck, wo, ebenso wie bei Giershagen unfern Stadtberge in Westfalen, grössere Massen von spätigem Cölestin in Zechsteinmergel auftreten. Kleinere Kristalle sind bei Jühnde unweit Göttingen, bei Rüdersdorf, bei Pschow in Oberschlesien in Kalk gefunden, auch in den Kammern von Ammoniten des schwäbischen Jura wird Cölestin gefunden. Von ausserdeutschen Vorkommen sind vor allen die Schwefellager von Girgenti in Sizilien zu nennen (Tafel 78, 1—3 und 10), die an Cölestinkristallen ganz besonders reich sind; ihnen in der Form gleich sind die grossen farblosen Kristalle aus Gloucestershire in England (Tafel 78, 4), auch die aus den Nummulitenschichten von Mokattam in Aegypten (Tafel 78, 8). Durch Grösse ausgezeichnet sind die dicktafeligen Kristalle von Put in Bay und Strontium-Island im Eriesee (Tafel 78, 5) in Nordamerika. Auch die pyramidalen der Figur 6 sind Amerikaner aus Mineral County in West-Virginia und stammen gleichfalls aus Kalkstein. Auf Erzgängen kommt Cölestin bei Scharfenberg in Sachsen, Herrengrund in Ungarn und Leogang in Salzburg vor.

Verwendung. Als häufigstes Strontiummineral ist Cölestin das wichtigste Rohmaterial für Strontiumpräparate. Er wird in das leichter lösliche Karbonat umgewandelt, entweder direkt durch Kochen mit Sodalösung unter Druck oder indirekt durch Glühen mit Kohle; das hierbei zunächst entstehende Schwefelstrontium wird durch eingeleitete Kohlensäure in das Karbonat übergeführt und dieses wird, wie bei Strontianit (Seite 402) angegeben, benutzt.

Gips und Anhydrit.

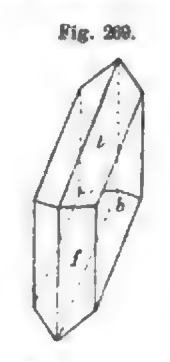
Auch diese beiden Mineralien sind miteinander verwandt, nicht nach ihrer Form, sondern nach ihrer chemischen Zusammensetzung, ihrem Vorkommen und ihrer Entstehung. Sie bestehen beide aus schwefelsaurem Calcium und in Gips ist dieses mit zwei Molekülen Wasser verbunden, Anhydrit ist wasserfrei, wie sein Name schon besagt. Streng genommen ist der Name nur wenig berechtigt, denn wasserfrei sind auch viele andere Mineralien, hier soll er bloss das besondere ausdrücken, dass dieselbe Verbindung, die in Gips wasserhaltig ist, in Anhydrit wasserfrei vorliegt. In ihrem Vorkommen haben sie beide das gemein, dass sie sich vorzugsweise mit Steinsalz zusammenfinden und mit

diesem und wie dieses entstanden sind. Gips bildet sich aber auch auf manche andere Weise, darum ist er nicht bei Steinsalz behandelt worden, sondern findet hier seinen Platz.

Gips. Gips ist ein so häufiges und durch seine Eigenschaften so in die Augen fallendes Mineral, dass es nicht wundernehmen kann, dass er schon im Altertum bekannt war, obwohl er weder ein schweres Metall enthält, noch als Schmuckstein brauchbar ist. Er ist zwar manchmal vollkommen klar, farblos und durchsichtig, aber so weich, dass er mit dem Fingernagel geritzt werden kann, als Schmuckstein kann er darum nicht getragen werden. Vor vielen andern Mineralien ist er durch eine sehr vollkommene Spaltbarkeit nach einer Richtung ausgezeichnet, und da er in grossspätigen Stücken vorkommt, kann man aus ihm grosse, klare und dünne Tafeln, wie aus Glimmer, herausspalten. Solche Tafeln sind bisweilen an Stelle von Fensterglas benutzt worden; die Römer haben sie an Bienenstöcken angebracht, damit sie die Bienen arbeiten sehen konnten. Wegen seiner Klarheit galt Gips als Symbol der Keuschheit und wurde zum Schmücken von Marienbildern benutzt; dies hat dem Mineral den vulgären Namen Marienglas und Fraueneis verschafft. Ausser nach dieser einen Richtung lässt sich Gips noch nach zwei andern Richtungen spalten, die miteinander einen Winkel von $114^{1}/_{2}{}^{0}$ einschliessen. Die Spaltungsstücke sind rhombische Tafeln, so wie die linke Hälfte der Figur 2 auf Tafel 80. Die beiden letzteren Spaltungsflächen sind voneinander verschieden, die eine ist faserig, die andere ist mit kleinen, feinmuschligen Vertiefungen bedeckt, die erstere heisst daher auch der faserige Bruch, die andere der muschlige Bruch. Dem faserigen Bruch gehen oft viele Risse in dem Spaltungsstück parallel (Tafel 80, 2), der muschlige Bruch ist zu der vollkommenen Spaltfläche genau senkrecht.

Schon hieraus, noch besser aus den ringsum begrenzten Kristallen (Tafel 79, 2) erkennen wir, dass nur eine Symmetrieebene vorhanden ist, Gips daher dem monoklinen System angehört. Die Fläche der vollkommenen Spaltbarkeit geht der Symmetrieebene parallel, also dem Klinopinakoid $\infty P\grave{\infty}$, das als Kristallfläche fast niemals fehlt (*b* in Textfigur 269). Ausserdem treten an dem Kristall der Figur 2 auf Tafel 79 zwei Prismen auf, von denen das eine als Vertikalprisma ∞P, das andere als vordere Pyramide $-P$ angenommen wird. Beide sind durch den Winkel zu unterscheiden, den ihre Flächen miteinander einschliessen und der mit dem Anlegegoniometer leicht gemessen werden kann. Der Winkel des Vertikalprismas (*f* in Textfigur 269) beträgt $111^{1}/_{2}{}^{0}$, der der oberen Pyramide (*l*) $143^{3}/_{4}{}^{0}$. Die Textfigur entspricht genau dem Kristall in Figur 2 der Tafel 79. Zu diesen Flächen tritt bisweilen noch eine hintere Pyramide, die an dem Kristall der Figur 1 vorhanden ist, aber nach hinten liegt, darum im Bilde nicht sichtbar ist.

Fig. 269.



Gips, einfacher Kristall.

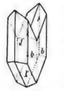
Nicht immer sind die Kristallflächen so eben und die Kanten so scharf wie an diesen beiden Kristallen, oft sind sie gerundet wie an dem Kristall in Figur 3 auf Tafel 79, und bisweilen werden die Kristalle dadurch, dass Vertikalprisma und Pinakoid fehlen und die Endflächen gekrümmt sind, vollkommen linsenförmig wie der untere in Figur 4 auf Tafel 80. Zur Orientierung an den Kristallen dienen immer die Spaltflächen, die Fläche der vollkommensten Spaltbarkeit geht, wie schon erwähnt, dem Klinopinakoid parallel, der muschlige Bruch würde die vordere Kante des Vertikalprismas abstumpfen, geht also dem als Kristallfläche nicht auftretenden Orthopinakoid $\infty P\bar{\infty}$ parallel, der faserige Bruch würde an dem Kristall der Figur 2 auf Tafel 79 die obere Ecke abstumpfen, er geht der hinteren Pyramide *P*, also eigentlich zwei Flächen parallel und erhält dadurch seine faserige Beschaffenheit.

Sehr häufig sind bei Gips Zwillingsverwachsungen, von denen wir charakteristische Formen auf Tafel 80 zusammengestellt haben. Am häufigsten sind zwei Indi-

Digitized by Google

viduen mit dem als Kristallfläche nicht vorhandenen Orthopinakoid verwachsen, haben also den muschligen Bruch gemein, während der faserige beider Individuen an der Zwillingsgrenze unter einem Winkel von 132° aneinander stösst. Wir sehen dies an einem Spaltungsstück aus einem solchen Zwilling in Figur 2 der Tafel 80, das die vollkommenste Spaltungsfläche auf uns zuwendet. Auch der lange Kristall der Figur 1 auf derselben Tafel ist ein solcher Zwilling, ist aber zum Unterschied gegen das Spaltungsstück von natürlichen Flächen begrenzt. Auf den ersten Blick würde man ihn für einen einfachen Kristall halten, den Zwilling verraten die zarten, wie eine Linie feinen Spaltungsrisse in dem oberen Drittel, die unter dem gleichen Winkel wie in der Figur 2 aneinanderstossen. Das Bild eines vollständigen solchen Zwillingskristalls zeigt die Textfigur 270, in der die Flächen der vorderen Pyramide *l* (also nicht der faserige Bruch) den einspringenden Winkel bilden. Meist sind viele solche, von im ganzen ebenen Flächen begrenzte Kristalle mit der im Bilde unteren Seite auf der Unterlage aufgewachsen und wenden das Ende mit dem einspringenden Winkel nach aussen; wegen ihrer durch diesen einspringenden Winkel erzeugten Gestalt werden sie Schwalbenschwanzzwillinge genannt. Es ist die charakteristische Zwillingsbildung für die auf Drusenräumen im Steinsalzgebirge aufgewachsenen Gipskristalle.

Fig. 270.



Zwilling von Gips.

Die in Ton oder dichtem Gips eingewachsen vorkommenden Gipskristalle haben öfters gerundete Flächen und sind nach einer Fläche $-P\bar{\infty}$ verwachsen, welche die Kante der vorderen Pyramide *l* gerade abstumpfen würde. Zwei solcher Zwillinge sehen wir in Figur 4 und 5 der Tafel 80, und ein Spaltungsstück aus einem solchen in Figur 3. Der faserige Bruch des einen Individuums fällt fast genau in die Richtung des muschligen Bruchs des anderen Individuums. Zwillinge von dieser Art oder auch einfache Kristalle bilden die Kristallgruppen, die in Ton und Sand eingewachsen so häufig sich finden. Wir sehen eine in Ton gefundene Gruppe in Figur 5 der Tafel 79, eine aus Sand stammende mit eingeschlossenen Sandkörnern in Figur 4 derselben Tafel.

Sehr merkwürdig sind die oft vielfach geknickten Kristalle, die bei Reinhardsbrunn im Thüringer Wald in einer Gipshöhle gefunden werden und von denen wir zwei in Figur 6 und 7 auf Tafel 80 abgebildet haben. Man möchte glauben, es sei nicht Gips, sondern eine Stange Wachs, die durch Druck so gebogen ist.

Fig. 271.

Gips mit Einschlüssen in zwei Anwachspyramiden.

Die Kristalle sind farblos, grau oder schwach gelblich, bisweilen reich an eingeschlossenem Ton oder Sand (Tafel 79, 4), selten sind die Einschlüsse regelmässig angeordnet, wie in dem Kristall der Textfigur 271, in dem die von zwei Flächen ausgehenden Anwachspyramiden durch Einschlüsse trüb, die beiden andern von Einschlüssen nahezu frei und darum klar sind.

Die grossen Massen von Gips sind feinkörnig, schneeweiss, grau, gelb, rot und oft geadert. Dichter, zu Ornamenten brauchbarer Gips ist unter dem Namen Alabaster bekannt und das Gegenstück zu Marmor, nur viel weicher als dieser und darum zu Statuen nicht geeignet. Eine ganz besondere Art ist der Schlangenalabaster oder Gekrösestein, von dem uns Figur 7 auf Tafel 79 ein ausgezeichnetes Stück vorführt. Ein grauer, an Ton reicher Gips ist von weissen, wurmförmig gekrümmten Gipsadern durch-

Digitized by Google

zogen. Dieser Gips war ursprünglich Anhydrit und ist durch Aufnahme von Wasser aus diesem hervorgegangen. Infolge der mit der Umwandlung verbundenen Volumzunahme (siehe Seite 413) ist der Gips aufgequollen und die anfänglich ebenflächigen Lagen haben diese eigentümliche Form angenommen. Auf Spalten ausgeschiedener Gips ist feinfaserig (Tafel 79, 6) und die Fasern stehen senkrecht zu den Wänden der Spalte. Wegen der Struktur hat der Fasergips ausgesprochenen Seidenglanz und umsomehr, je feiner die Fasern und je fester sie miteinander verbunden sind.

Von den physikalischen Eigenschaften haben wir die geringe Härte schon erwähnt; auch das spezifische Gewicht ist sehr niedrig und beträgt nur 2,3. Gips ist ein schlechter Wärmeleiter und fühlt sich daher warm an. Hieran und an der geringen Härte kann man den körnigen, Alabaster genannten Gips leicht von Marmor, der sich kalt anfühlt, unterscheiden. Die Lichtbrechung ist schwach, die Doppelbrechung ist mässig, der mittlere Brechungsexponent beträgt 1,5228. Dünne Spaltungsblättchen, die sich von Gips sehr leicht herstellen lassen, geben im parallelen polarisierten Licht lebhafte, klare Interferenzfarben und eignen sich sehr zum Studium dieser Erscheinungen. Durch geschickte Zusammenstellung verschieden dünner Blättchen fertigt Dr. Reuter in Homburg v. d. H. Präparate an, die in dem Polarisationsapparate als farbenprächtige Schmetterlinge erscheinen; dem farblosen Mineral entlockt dieser Apparat die leuchtendsten Farben. Die Platten von Gips, die so geschnitten sind, dass sie in dem Polarisationsapparat für konvergentes Licht ein Bild wie das in Figur 4 der Tafel 4 geben, eignen sich besonders gut dazu, festzustellen, dass sich die Entfernung der Hyperbeln, oder, was dasselbe besagt, der Winkel der optischen Achsen, mit der Temperatur ändert. Man erwärmt das mit einem Uhrglas bedeckte Präparat auf einem Wasserbad, das nur aus einer Porzellanschale mit einer aufgelegten Blechscheibe zu bestehen braucht, über kochendem Wasser und bringt es warm in den Apparat. Die Hyperbeln berühren sich da zuerst und weichen dann schnell auseinander, bis sie nach dem Erkalten der Platte am Rande des Gesichtsfeldes angekommen sind.

Dass Gips Calciumsulfat sei und zwei Moleküle Wasser enthalte, haben wir im Eingang erwähnt. Sein Wassergehalt beträgt rund 21%. Durch Erwärmen auf 107—130° verliert er den grössten Teil seines Wassers, wird trüb und weiss, und nur noch ein halbes Molekül bleibt in ihm zurück; man nennt solchen Gips gebrannten Gips oder, mit Rücksicht auf seinen Wassergehalt, Halbhydrat. Mit Wasser angerührt nimmt der gebrannte Gips Wasser auf und das vorher feine Pulver wird in kurzer Zeit zu einer festen, zusammenhängenden Masse. Hierauf beruht die Verwendung des gebrannten Gipses zu Abgüssen und Stuck. Wird der Gips über 400° erhitzt, so verliert er auch den letzten Rest Wasser und lässt sich nicht mehr zu Abgüssen verwenden, er heisst darum totgebrannter Gips.

Eine Zwischenstellung nimmt der hydraulische oder Estrichgips ein, der wasserfrei ist wie der totgebrannte Gips, sich aber doch noch mit Wasser bindet, nach einigen Tagen erhärtet und ganz allmählich den normalen Wassergehalt von Gips wieder annimmt. Nach den Untersuchungen von van't Hoff tritt die totale Entwässerung des für sich erhitzten Gipses bei 190° ein; dabei bleibt zunächst noch die Fähigkeit zur Wasserbindung bestehen und geht erst allmählich, sei es durch höhere, sei es durch längere Erhitzung, verloren. Nach Angaben in chemisch-technologischen Werken, die hiermit nicht ganz übereinstimmen, soll der Estrichgips bei Rotglut gebrannt sein. Erhärtet bildet er eine Masse, die dicht, hart und wetterbeständig ist, daher einen ganz vorzüglichen Mörtel abgibt.

In Wasser ist Gips verhältnismässig leicht löslich; in 400 Teilen Wasser löst sich ein Teil Gips auf. Die Löslichkeit wird beträchtlich erhöht, wenn das Wasser gleich-

Digitized by Google

zeitig Chlornatrium gelöst enthält, dann vermögen schon 120 Teile einen Teil Gips zu lösen. Da nun der Gips sehr oft von Steinsalz begleitet ist, so ist es nicht zu verwundern, dass Gipslager oft weitgehende Auflösungserscheinungen zeigen. Unregelmässig gestaltete Höhlungen, die Gipsschlotten und Gipsorgeln, werden neben echten Höhlen bisweilen gebildet. Nicht selten kommt es vor, dass die Decke von dicht unter der Erdoberfläche befindlichen Höhlen einbricht und an der Oberfläche trichterförmige Vertiefungen, Erdfälle, entstehen. Der Einsturz ist mit lokalen Erdbeben verbunden, die oft jahrelang eine Gegend heimsuchen, weil auf den einen Zusammenbruch meist viele andere folgen. Die trichterförmigen Vertiefungen werden oft von Wasser ausgefüllt und kleine Seen gebildet. Diese Erscheinungen sind nicht auf Gipshöhlen beschränkt, sondern können überall da eintreten, wo Höhlen entstanden waren, also in Gips-, Steinsalz- und Kalksteinlagern, auf dem felsigen Karst wie in der norddeutschen Tiefebene.

An der Erdoberfläche ist Gips das beständigste Calciumsulfat, darum geht Anhydrit in ihn über und darum ist Gips viel häufiger als dieser. Der in Lagern auftretende Gips hat sich entweder direkt aus Meerwasser ausgeschieden oder ist aus Anhydrit entstanden, die näheren Verhältnisse haben wir bei Steinsalz besprochen (Seite 359). Aus dem gelösten Gips haben sich die Kristalle gebildet, die im Gips- und Steinsalzgebirge die Wände der Hohlräume bekleiden. Wegen der leichten Löslichkeit von Gips können in verhältnismässig kurzer Zeit grosse Kristalle entstehen. So bedecken sich die Wände in den Kammern der Sinkwerke (Seite 360) mit recht grossen Kristallen; die Röhrenleitungen werden durch Gipskristalle leicht verstopft und auf frischem Grubenholz schiessen manchmal die schönsten Schwalbenschwanzzwillinge an. Anderer Gips ist in der Erde durch die Verwitterung von Schwefelkies entstanden; es bildet sich hierbei vorübergehend Schwefelsäure, die mit dem Kalk des Bodens sich verbindet und den Gips erzeugt. So sind die in Ton, Sand und Braunkohle vorkommenden Kristalle und Kristallgruppen entstanden. An alten Vulkanen, den sogenannten Solfataren, wird schweflige Säure und Wasserdampf ausgehaucht, woraus sich an der Luft Schwefelsäure bildet, die mit dem Kalk der durch die Dämpfe zersetzten Gesteine Gips bildet. So kann man für die Gipsbildung auch sagen, des Wassers und des Feuers Macht verbündet sieht man hier.

Da Steinsalz immer von Gips begleitet ist, könnten wir als Fundorte alle die bei Steinsalz genannten hier wiederholen, wir wollen uns aber darauf beschränken, nur einige zu nennen. Im Salzgebirge kommen schöne Kristalle bei Reinhardsbrunn im Thüringer Wald (Tafel 80, 1, 6 und 7), Berchtesgaden, Bex im Kanton Wallis (Tafel 80, 2), bei Wieliczka, Bochnia und in andern Salzlagern vor. Aus Ton der Tertiärformation stammen die Kristalle von Halle a. S. (Tafel 79, 2), Flörsheim und Hochheim am Main (Tafel 79, 3, 5), dem Eisenbahntunnel bei Mainz (Tafel 80, 5); aus Sand die Gruppen von Sperenberg bei Berlin (Tafel 79, 4) und von Smyrna in Kleinasien. Aus andern tertiären Gesteinen stammen die Schwalbenschwanzzwillinge von Montmartre bei Paris (Tafel 80, 3), ihnen ähnlich sind grosse Kristalle aus dem Muschelkalk der Gegend von Quedlinburg, die klaren, oft sehr grossen einfachen Kristalle und Zwillinge aus den Schwefellagern von Sizilien (Tafel 80, 4).

Grosse Lager von feinkörnigem Gips besitzt Deutschland am Südrand des Harzes und des Kyffhäusers, bei Gotha und an andern Orten in Thüringen, am untern Neckar und am Kocher. Schlangenalabaster ist aus dem Zechsteingips des Harzrandes bei Eisleben (Tafel 79, 7) und ähnlich von Wieliczka und Bochnia bekannt geworden. Durch das Vorkommen der Borazitkristalle (Tafel 70, 9—12) ist der als einsamer Fels aus der Ebene emportauchende Gips von Lüneburg und Segeberg besonders ausgezeichnet; in dem Gips von Nordspanien und Südfrankreich kommt Aragonit (Tafel 74, 6 und 7) und roter

Digitized by Google

Eisenkiesel (Tafel 52, 8 und 9), in dem von Hall in Tirol Bitterspat vor, der Gips in Sizilien enthält die reichen Schwefellager (Seite 133).

Bei seiner grossen Verbreitung ist Gips eins der Mineralien, die den Schwefel liefern, der in Leguminosen und dem Eiweiss chemisch gebunden enthalten ist. Der im Quellwasser gelöst gewesene Gips bildet oft einen Bestandteil des Kesselsteins, der dann noch schwerer zu entfernen ist, als ein nur aus kohlensaurem Kalk bestehender Stein.

Verwendung. Aus Alabaster werden kleinere Skulpturen gearbeitet, feiner seidenglänzender Fasergips wird bisweilen zu Perlen geschliffen, die wie andere faserige Mineralien (Tigerauge, Katzenauge) beim Drehen einen beweglichen Lichtschein zeigen. Der ungebrannte, natürliche Gips, aber auch der gebrannte wird in der Landwirtschaft als Düngemittel für Klee, Lein und Hülsenfrüchte verwendet. Wahrscheinlich wirkt er auch indirekt günstig dadurch, dass er aus den im Boden enthaltenen Silikaten das Kali frei macht. Der gebrannte Gips wird zur Herstellung von Formen, Gipsabgüssen, Stuck und Gipsdielen benutzt. Den Estrichgips sollen schon die alten Aegypter bei dem Bau der Cheopspyramide als Mörtel benutzt haben, auch in Deutschland ist er bei alten Burgen und Klöstern verwendet worden, später hat man ihn nicht mehr benutzt, erst in neuester Zeit hat sich die Aufmerksamkeit der Techniker ihm wieder zugewendet.

Anhydrit. So schön kristallisiert und mannigfaltig in der Form Gips vorkommt, so unscheinbar und eintönig ist Anhydrit. Seine Kristalle sind immer nur klein und von rauhen, gestreiften Flächen begrenzt. Sie gehören dem rhombischen System an und haben prismatische Gestalt, wie der immerhin noch grosse Kristall der Figur 11 auf Tafel 78 zeigt. Die am meisten in die Augen fallende Eigenschaft von Anhydrit ist seine vollkommene Spaltbarkeit nach drei aufeinander senkrechten Richtungen, die den drei Endflächen entsprechen. Man kann daher leicht würfelige Spaltungsstücke herstellen, die sich von einem regulären Würfel dadurch unterscheiden, dass ihre drei Flächenpaare alle voneinander physikalisch verschieden, die einen etwas glatter und ebener sind als die benachbarten. Dünne Spaltungsblättchen, die immer von feinen Rissen durchzogen sind, geben gute Präparate für gerade Auslöschung, denn die Auslöschung im polarisierten Licht erfolgt immer senkrecht und parallel zu diesen Rissen. Das spezifische Gewicht von Anhydrit beträgt 2,9—3,0, die Härte ist 3—3½.

Die Kristalle treten immer nur ganz untergeordnet auf, meist ist Anhydrit dicht, feinkörnig oder auch grossspätig, im letzteren Fall lässt er die Spaltbarkeit gut erkennen. Er ist farblos, grau, rot oder zart blau und mit Ausnahme des farblosen nur wenig durchscheinend; die blaue Farbe hält sich nicht an dem Licht und verschwindet, wenn der Anhydrit in Gips übergeht.

Dass Anhydrit mit Steinsalz zusammen vorkommt und wie dieses aus Meerwasser ausgeschieden ist, haben wir bei Steinsalz erwähnt, dort auch darauf hingewiesen, dass die im Meerwasser gleichzeitig gelösten Chloride von Kalium und Magnesium bewirkt haben, dass sich das Calciumsulfat wasserfrei als Anhydrit abgeschieden hat. In Berührung mit Wasser ist Anhydrit unbeständig und geht in Gips über; hierbei vermehrt sich das Volumen um ca. 60%, sodass aus 1000 cbm Anhydrit 1600 cbm Gips werden, vorausgesetzt, dass nichts in Lösung geht. Tatsächlich wird mehr oder weniger Calciumsulfat aufgelöst werden und die Volumzunahme entsprechend geringer ausfallen, immer aber bleibt sie noch gross genug, um sich bemerkbar zu machen. Im kleinen entwickelt sich aus dünnen, zwischen tonigen Schichten eingelagerten Anhydritbändern der Schlangenalabaster (Tafel 79, 7), im grossen werden durch die Quellung die Spalten in der Anhydritdecke der Steinsalzlager geschlossen (Seite 358), durch Anhydrit getriebene Stollen werden verengert und müssen von Zeit zu Zeit nachgehauen werden, über einem Anhydritlager dicht an der Erdoberfläche liegende Schichten werden aufgewölbt und zerrissen. An der

Oberfläche sind die Anhydritlager immer in Gips umgewandelt, in der Tiefe findet sich oft noch reiner Anhydrit, dazwischen Gemenge von beiden Mineralien.

Ringsum ausgebildete kleine Kristalle von Anhydrit kommen im Kieserit von Stassfurt und Leopoldshall (Tafel 78, 11) eingewachsen vor; in körnigem Anhydrit aufgewachsene Kriställchen sind von Aussee und Berchtesgaden bekannt geworden. Körniger Anhydrit ist steter Begleiter von Steinsalz, besonders grosskörnig ist der rote Anhydrit von Berchtesgaden und überhaupt aus dem Salzkammergut; blauer feinkörniger Anhydrit ist bei Sulz am oberen Neckar und bei Volpino in Oberitalien vorgekommen.

Auch auf Erzgängen (Andreasberg, Kapnik) und auf Lavaströmen an Vulkanen (Vesuv, Santorin) ist Anhydrit beobachtet worden, ist hier aber immer selten.

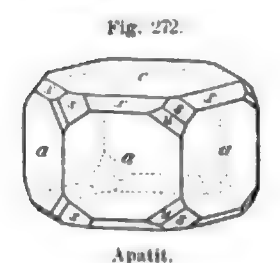
Verwendung. Anhydrit wird wie Gips als Düngemittel benutzt, ist hierzu aber viel weniger geeignet, da er schwerer löslich ist als der gebrannte und selbst der totgebrannte Gips. Der blaue Anhydrit von Volpino ist zu Skulpturen und Kaminbekleidungen verwendet worden, im ganzen wird Anhydrit nur sehr wenig benutzt, Gips ist in jeder Beziehung brauchbarer und besser.

Apatit.

Die Phosphorsäure, die für Pflanzen und Tiere unentbehrlich ist, ist uns bisher als Nebenprodukt des Hochofenbetriebes in der Thomasschlacke (Seite 152), als Bestandteil des als Edelstein bekannten Türkis (Seite 259) und in einigen Metallsalzen (Pyromorphit) begegnet. Sie kommt auch mit Lithion, Mangan und Eisen verbunden in dem grauen, blaufleckigen derben Triphylin $Li(Fe,Mn)PO_4$ bei Bodenmais im Bayrischen Wald und in manchen anderen Mineralien vor, ihr wichtigster Träger aber ist der Apatit; durch ihn ist die Phosphorsäure in dem Boden verbreitet, er ist die eigentliche Quelle, der auch die in andern Mineralien enthaltene Phosphorsäure entstammt. Dass dem so sei, haben wir erst durch das Mikroskop erfahren, das uns lehrt, dass fast in jedem Eruptivgestein Apatit in mikroskopisch kleinen Kriställchen enthalten ist. Hierdurch schon ist er auf der Erde weit verbreitet, noch mehr dadurch, dass die zerstörten Steine über die ganze Erdoberfläche zerstreut sind und den Apatit mit sich geführt haben. Ausser den mikroskopischen Kristallen sind von Apatit auch grosse Kristalle häufig, und um das Mineral kennen zu lernen, werden wir uns an diese halten.

Wir sehen bei einem Blick auf die auf Tafel 81 abgebildeten Kristalle leicht, dass sie dem hexagonalen System angehören; geradezu modellartig ist z. B. der in Figur 6 abgebildete Kristall, begrenzt von einem hexagonalen Prisma, einer Pyramide der gleichen Stellung und der Basis. Die Pyramide nehmen wir als Grundpyramide an und geben ihr das Zeichen *P;* ihre Flächen bilden mit der Basis einen Winkel von $139^3/_4{}^0$. Die gleiche Form zeigen die Kristalle der Figur 10 und 12. Nur von dem Prisma und der Pyramide ohne die Basis sind die etwas gerundeten Kristalle 7 und 8 und der ein wenig verzerrte Kristall 11 begrenzt. Nur von Prisma und Basis ohne eine Pyramide sind die violetten Kristalle in Figur 4 und 9 umschlossen. Nicht so einfach sind die drei ersten Kristalle der Tafel begrenzt, wir sehen an ihnen über den Prismenkanten noch Flächen, welche an den andern nicht vorhanden waren. Ihre Form erläutert uns zunächst die Textfigur 272, *a* ist wieder das Prisma der ersten Stellung, *x* Pyramide der ersten Stellung und *c* die Basis. Die Fläche *s*, die den Prismen-

Fig. 272.



Apatit.

kanten gerade aufgesetzt ist, ist eine Pyramide der zweiten Stellung und u hat die Lage einer zwölfseitigen Doppelpyramide, tritt aber nur auf einer Seite schief an den Prismenkanten auf (hier links), auf der andern fehlt sie. Dies beweist, dass Apatit hemiedrisch ist und aus der Lage und Zahl der Flächen u erkennen wir, dass er zur pyramidalen Hemiedrie des hexagonalen Systems gehört; die Flächen u würden für sich eine Pyramide der dritten Stellung bilden. Den Flächen der Textfigur können wir die folgenden Naumannschen Zeichen geben:

$$a = \infty P,\ x = P,\ c = 0P,\ s = 2P2,\ u = \frac{3P\frac{3}{2}}{2}.$$

Vergleichen wir hiermit die beiden ersten Kristalle der Tafel, so sehen wir in Figur 1 recht gross entwickelt das hexagonale Prisma und die Basis, sehr schmal sind die zwischen beiden liegenden Flächen von zwei Pyramiden der ersten Stellung, sehr klein die Flächen der Pyramide der zweiten Stellung und rechts über der einen Prismenkante (links von der vorderen Prismenfläche) liegt, im Bilde beleuchtet, eine kleine Fläche der Pyramide der dritten Stellung. In Figur 2 ist diese gross und beleuchtet, ebenfalls gross sind die Flächen der Pyramide der zweiten Stellung, die Prismenflächen sind kurz, der Kristall ist dicktafelig nach der Basis und mit dem grossen Kristall sind mehrere kleine in paralleler Stellung verwachsen. Der Kristall in Figur 3 ist so beleuchtet, dass eine Fläche der Pyramide der zweiten Stellung besonders deutlich hervortritt. Früher hat man Apatit mit Beryll und anderen säulenförmigen Mineralien verwechselt und darauf bezieht sich sein Name, der sich von dem griechischen Wort ἀπατάω (ich täusche) herleitet.

Wie aus der Lage der Flächen erkennt man auch aus der Lage der Aetzfiguren auf der Basis, dass Apatit zur pyramidalen Hemiedrie gehört, denn die durch Säuren erzeugten Aetzfiguren haben gleichfalls die Lage einer Pyramide der dritten Stellung.

Die Gestalt der Kristalle ist bald dicktafelig nach der Basis, bald gedrungen säulenförmig und bei den mikroskopischen Kristallen nadelig. Bisweilen sind Flächen und Kanten eigentümlich gerundet und die Kristalle sehen wie angeschmolzen aus, der in Figur 5 auf Tafel 81 ist ein gutes Beispiel dafür.

Deutliche Spaltbarkeit ist nicht vorhanden, die Kristalle sind aber doch oft von Rissen durchsetzt, unter denen solche überwiegen, die ungefähr der Basis parallel gehen, sodass hierdurch eine versteckte Spaltbarkeit nach der Basis angedeutet zu sein scheint. Dies sieht man auch an den mikroskopischen Kristallen. Ihre Umrissform ist entweder ein scharfes Sechseck (Tafel 59, 6), nämlich wenn sie quer zur Säule getroffen sind, oder ein mehr oder weniger scharfes und langes Rechteck, wenn sie längs getroffen sind. Diese Längsschnitte sind quer gegliedert, ihre Enden oft unscharf. Die Querschnitte bleiben im polarisierten Licht dunkel, die Längsschnitte geben Grau oder Weiss der ersten Ordnung und haben gerade Auslöschung. Sie sind beide farblos durchsichtig, bisweilen in der Mitte durch Einschlüsse etwas getrübt und durchbohren die anderen Mineralien, die sich nach ihnen ausgeschieden haben; in der Figur 6 auf Tafel 59 durchbohren sie Augit, der in grossen Kristallen in diesem Gestein enthalten ist. Die Lichtbrechung ist mässig stark, darum hebt sich Apatit deutlich von der Umgebung ab, kann auch dadurch von dem in der Form der Durchschnitte sonst ähnlichen Nephelin unterschieden werden. Der Brechungsexponent für den ordentlichen Strahl ist $\omega = 1{,}646$, für den ausserordentlichen $\varepsilon = 1{,}642$, in Natriumlicht bestimmt.

Die Farbe von Apatit ist recht mannigfaltig, wie die Tafel zeigt, für die ich die Kristalle zum Teil mit Rücksicht auf ihre Farbe ausgesucht habe; farblos, gelblichgrün, blaugrün, grünlichblau, violett, rosa, mausegrau etc. Der färbende Stoff ist auch hier noch nicht ermittelt.

Digitized by Google

Das spezifische Gewicht ist 3,2, die Härte 5, Apatit ist ja selbst ein Glied der Härteskala und ist ungefähr so hart wie Fensterglas.

Nach seiner chemischen Zusammensetzung ist Apatit phosphorsaurer Kalk, der ausser Kalk und Phosphorsäure noch Chlor oder Fluor oder meist beide Elemente enthält; in welcher Weise diese gebunden seien, kann man mit Bestimmtheit nicht angeben, in der Regel nimmt man an, dass Apatit eine Art Doppelsalz sei und gibt ihm die Formel $3 Ca_3P_2O_8 \cdot Ca(Cl, F)_2$. Er enthält 41—42% Phosphorsäure (P_2O_5), 54—55½% Kalk, bis zu 3,8% Fluor und bis zu 6,8% Chlor. Durch seine Zusammensetzung und seine Kristallform ist Apatit mit Pyromorphit und Mimetesit (Seite 114) am meisten verwandt. Wenn es sich darum handelt, Apatit von ähnlich aussehenden Mineralien, z. B. im Gestein von Nephelin zu unterscheiden, so setzt man einen Tropfen von molybdänsaurem Ammon, in Salpetersäure gelöst, zu und erwärmt ein wenig; es bildet sich dann bei Apatit ein gelber, fein kristallinischer Niederschlag von phosphormolybdänsaurem Ammon.

Als Kalksalz ist auch Apatit der Verwitterung unterworfen und geht in das an der Erdoberfläche beständigste Kalksalz, in kohlensauren Kalk über, wird matt, weiss und weicher, oft rissig. In Figur 10 auf Tafel 81 ist ein solcher teilweise umgewandelter Kristall abgebildet; gerade in diesem Apatit ist auch noch Wasser enthalten, er hat daher den Namen Hydroapatit bekommen.

Vorkommen. Dass mikroskopisch kleine Apatitkristalle in allen Eruptivgesteinen enthalten sind, haben wir bereits erwähnt. Grössere, aber im ganzen weniger gut ausgebildete Kristalle kommen in kristallinischen Schiefern eingewachsen vor, dicktafelige, flächenreiche und glänzende Kristalle finden sich in Drusenräumen kristallinischer Gesteine und auf Zinnerzgängen aufgewachsen. Die grossen prismatischen Kristalle kommen vorzugsweise in körnigem Kalk eingewachsen vor.

Einige der bekanntesten Fundorte sind: in Deutschland Ehrenfriedersdorf (Tafel 81, Figuren 4 und 9), Zinnwald im Erzgebirge als Begleiter von Zinnstein, Epprechtstein im Fichtelgebirge in Granit. In den Alpen Schwarzenstein im Zillertal (Tafel 81, 1 und 2) und Floitental in Tirol, der gelbe oder gelblichgrüne sogenannte Spargelstein im Talkschiefer des Greiner im Zillertal; als Begleiter von Epidot an der Knappenwand im Untersulzbachtal, wasserhelle, vollkommen durchsichtige Kristalle; kleine weisse Kristalle am St. Gotthard. In Norwegen tritt Apatit in Verbindung mit Gabbrogesteinen in grösseren Massen auf, so am Langesundfjord, bei Bamle, Kragerö (Tafel 81, 11), Arendal etc.; der Hydroapatit (Tafel 81, 10) stammt von Snarum. Sehr reich an Apatit ist Kanada, wo unter andern bei Renfrew und South Bourgess grosse Kristalle oft mit gerundeten Flächen, »geflossene« Kristalle in Kalk eingewachsen vorkommen (Tafel 81, 6, 7, 8 und 12); stellenweis reichert sich der Apatit an und bildet ein bis zehn Fuss mächtiges Lager. In der gleichen Weise tritt Apatit bei Gouverneur (Tafel 81, 5) in New York, bei Hurdstown in New Jersey und an vielen anderen Orten in den Vereinigten Staaten auf.

Verwendung. Wo Apatit in grösseren Massen vorkommt, wird er abgebaut und zu Düngemittel verarbeitet. Norwegen förderte im Jahr 1899 1500 Tonnen Apatit im Werte von 82 500 Kronen. Wichtiger aber als Düngemittel sind die gleich zu besprechenden dichten und erdigen Kalkphosphate, die wir unter dem gemeinsamen Namen Phosphorit zusammenfassen wollen.

Phosphorit. Ausser in dem kristallisierten Apatit kommt phosphorsaurer Kalk in körnigen und dichten bis völlig erdigen Massen vor, die je nach ihrer Beschaffenheit, Entstehung und Herkunft verschiedene Namen erhalten haben. Der eigentliche Phosphorit ist steinig, erdig, nur selten hat sich auf Spalten und Rissen reinere, kristallinische Substanz abgeschieden, die nach ihrem Vorkommen bei Staffel in Nassau den Namen Staffelit erhalten hat und in nierenförmigen und kleintraubigen Aggregaten (Tafel 81, 13)

Digitized by Google

den erdigen Phosphorit überzieht. Ausser phosphorsaurem Kalk enthält Phosphorit kohlensauren Kalk, Eisen, Tonerde und Fluor; sein Wert als Düngemittel hängt von dem Gehalt an Phosphorsäure ab. Diese ist im Phosphorit nicht in einer in Wasser löslichen und assimilierbaren Form enthalten, muss daher, wenn das Phosphat als Düngemittel dienen soll, zuvor in eine solche übergeführt werden. Zu diesem Zweck wird Phosphorit nach Vorschlag von Liebig mit Schwefelsäure behandelt, wodurch das in ihm enthaltene unlösliche Tricalciumphosphat in lösliches Monocalciumphosphat umgewandelt wird, während ein Teil seines Kalkes sich mit der Schwefelsäure und Wasser zu Gips verbindet. Schematisch verläuft die Umwandlung nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Tricalcium-phosphat}}{Ca_3(PO_4)_2} + 2H_2SO_4 + 4H_2O = \underset{\text{Monocalcium-phosphat}}{CaH_4(PO_4)_2} + \underset{\text{Gips}}{2CaSO_4 \cdot 2H_2O}.$$

Das Gemisch von Monocalciumphosphat und Gips heisst Superphosphat. Bei dieser Fabrikation wird so viel Schwefelsäure verbraucht, dass in der Regel mit der Superphosphatfabrik eine Schwefelsäurefabrik verbunden ist, ebenso wie mit einer Leblancsodafabrik. Das gewöhnliche Superphosphat enthält 14—18% wasserlösliche Phosphorsäure, daneben viel Gips. Ein an Phosphorsäure reicheres Produkt ist das Doppelsuperphosphat, das 40—50% löslicher Phosphorsäure enthält und durch Einwirkung von wässeriger Phosphorsäure auf leicht aufschliessbaren Phosphorit dargestellt wird; die hierzu nötige Phosphorsäurelösung wird gleichfalls aus Phosphorit und verdünnter Schwefelsäure hergestellt. Das in vielen Phosphoriten enthaltene Fluor geht in Fluorwasserstoff und andere lästige Verbindungen über, die oft grosse Rauchschäden verursachen und durch hohe Kamine in die Luft geleitet werden müssen. Ein Eisengehalt ist für die Verwendung als Düngemittel schädlich, da sich die Phosphorsäure mit dem Eisen leicht zu unlöslichem Eisenphosphat vereinigt.

In Deutschland findet sich Phosphorit bei Weilburg an der Lahn, die Lager sind aber fast abgebaut, der noch vorhandene ist wegen seines zu hohen Gehaltes an Eisen wenig geschätzt, der Lahnphosphorit spielt keine Rolle mehr. Reiche Lager von Phosphorit, zum Teil aus Koprolithen, den Exkrementen von Sauriern und andern ausgestorbenen Tieren bestehend, finden sich bei Estremadura in Spanien, an der Somme in Frankreich, in Algier und Tunis und ganz besonders reiche Lager in Florida und Süd-Carolina.

In Deutschland (Biebrich a. Rh.) werden meist Floridaphosphate verarbeitet, welche etwa 80% phosphorsauren Kalk enthalten, daneben 2—5% Fluor, 1% Eisenoxyd und ebensoviel Tonerde.

Ein verhältnismässig junger Phosphorit ist der Sombrerit von der westindischen Insel Sombrero, auf der sich mächtige Ablagerungen von Guano befinden. Aus dem Guano hat das durchsickernde Wasser lösliche Phosphate ausgelaugt, die in Berührung mit dem unterlagernden Korallenkalk diesen in phosphorsauren Kalk umgewandelt haben. Ueberhaupt stammt die Phosphorsäure des Phosphorit häufig aus der Umgebung und ist in ihm konzentriert worden.

Als eine weitere Quelle für Phosphorsäure haben wir die Thomasschlacke (Seite 152), das Thomasmehl kennen gelernt, das 12—23% Phosphorsäure enthält, freilich nicht in wasserlöslicher Form: Der grösste Teil aber ist in schwachen Säuren, wie Zitronensäure, löslich und ihr Wert als Düngemittel wird nach dem Gehalt an zitratlöslicher Phosphorsäure bestimmt.

Superphosphat wird vorzugsweise zum Düngen von Getreide verwendet, Thomasmehl da, wo keine so schnelle Wirkung erzielt werden soll, auf Wiesen, in Weinbergen etc.

Digitized by Google

Durch Vermengung von Superphosphat mit Ammoniak- und Kalisalzen und mit Salpeter werden Intensivdünger hergestellt, welche in ihrer Zusammensetzung den Erfordernissen bestimmter Pflanzen genau angepasst sind.

Der Verbrauch an Phosphaten in der Landwirtschaft ist ausserordentlich gross; das Deutsche Reich verbraucht durchschnittlich in einem Jahre an

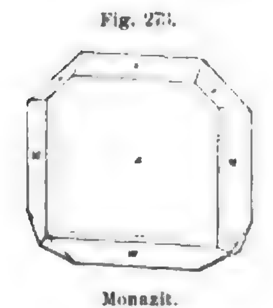
Superphosphaten	500 000	Tonnen
Schlackenphosphaten	400 000	»
Knochenmehl und Guano	70 000	»

Der Gesamtwert der in Deutschland verbrauchten Düngemittel beläuft sich auf über 100 Mill. Mark im Jahr (vergl. S. 379).

Monazit.

Dies Mineral galt noch vor 20 Jahren als selten und ist erst massenhaft gefunden worden, nachdem die Industrie es nötig hatte. Es birgt nämlich in sich die Stoffe, aus denen die Glühstrümpfe des Gasglühlichts hergestellt werden, durch das die Gasindustrie den Kampf mit der elektrischen Beleuchtung erfolgreich führen konnte. Der Name klingt an Monade, Einzelwesen, an und soll besagen, dass sich Monazit nicht leicht mit einem bekannten Mineral vergleichen lässt, dass er als ausgezeichnetes Einzelwesen erscheint.

Fig. 273.



Monazit.

Die Massen des Minerals sind freilich unansehnliche Körner, seine seltenen Kristalle (Tafel 82, 1 und 2) gehören dem monoklinen System an. Die breite vordere Fläche (*a* in der Textfigur 273) ist das Orthopinakoid, darüber liegt ein Orthodoma ($x = P\bar{\infty}$, $\omega = -P\bar{\infty}$), an den Seiten das Vertikalprisma ($M = \infty P$), darüber eine Pyramide ($r = P$), und diese Flächen sind an der Figur 2 auf Tafel 82 deutlich zu sehen, während der grosse Kristall der Figur 1 am Ende nur von einer grossen, schief aufgesetzten Spaltungsfläche begrenzt ist. Zwillinge kommen vor, sind aber selten, sie sind immer nach einer Fläche des Orthopinakoids verwachsen.

Die Farbe der Kristalle ist meist rötlichbraun, Monazitsand ist braun, rot und gelb. Die Kristalle sind matt und recht undurchsichtig, die Körner auch glänzend und durchscheinend. Eine wichtige Eigenschaft ist das hohe spezifische Gewicht, das zwischen 4,7 und 5,25 schwankt; es ermöglicht, Monazit von den mit ihm vorkommenden leichteren Mineralien zu trennen und hat in der Natur eine Anreicherung des Monazit in dem Sand begünstigt. Die Härte beträgt 5—5½.

Nach seiner chemischen Zusammensetzung ist Monazit ein Phosphat, in dem die Phosphorsäure an seltene Erden gebunden ist und dessen Zusammensetzung durch die Formel $(Ce, La, Di)\,PO_4$ ausgedrückt werden kann. Ausser den Ceriterden, Cer, Lanthan und Didym enthält er noch Yttererde und Thorerde, deren Gehalt (ThO_2) meist weniger als 10% beträgt. Ferner ist in ihm das merkwürdige Helium (vergl. Seite 173 und Seite 382) nachgewiesen, sodass er schon hierdurch besonderes Interesse verdient. Die Analysen von Monazit verschiedener Herkunft haben folgenden Gehalt an seltenen Erden ergeben:

	Rade bei Moss.	Goyaz in Brasilien.	Minas Geraes.	N.-Carolina.
Ceriterden	56,86	64,1	51,0	40,86
Yttererde	2,76	5,1	2,2	13,98 (+ ZrO_2)
Thorerde	9,03	7,6	2,4	1,43

Digitized by Google

Monazit findet sich als unwesentlicher Bestandteil von Granit, Diorit und in Gneiss an der Erdoberfläche sehr verbreitet. Meist kommt er jedoch nur in ganz geringen Mengen in dem Gestein vor, in vielen Fällen nur durch das Mikroskop auffindbar. Die für den Handel in Betracht kommenden Monazitablagerungen sind diejenigen, welche sich im Schwemmland der Flüsse und deren Untergründen und in den Sandablagerungen längs der Seeküste finden. Diese haben zur Zeit eine solche Bedeutung, dass zunächst eine genauere Beschreibung derselben nach Nitze (Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung, 1896) folgen soll, eine Beschreibung, die, was die Konzentration anbetrifft, auch auf das Vorkommen von Edelsteinen und Edelmetallen in Schwemmland, den Seifen, passen würde:

Grosse Schwemmsandablagerungen des Minerals konnten sich nur in Ländern bilden, welche von der erodierenden Tätigkeit der prähistorischen Gletscher verschont blieben, welche einst einen grossen Teil der Erde, besonders in der nördlichen Hemisphäre bedeckten. In den Ländern, welche jenseits der Grenzen der früheren Eisberge liegen, ist die weiche, obere Schicht von zerfallenen Felsen an ihrer Stelle verblieben, abgesehen von Veränderungen, welche durch die Wirkung des fliessenden Wassers verursacht wurden. Solch oberflächlicher Detritus kann je nach den lokalen Bedingungen eine Mächtigkeit von 20—70 m besitzen und ist mit dem bezeichnenden Namen Saprolith, verfaulter Stein, belegt worden. Durch das fliessende Wasser sind diese Saprolithe weiter zerkleinert worden und in die Strombette und deren Untergrund gelangt und hierbei einem natürlichen Sortierungs- und Konzentrationsprozess unterworfen, indem die spezifisch schweren Mineralien zuerst und beieinander abgelagert wurden. Wo die Saprolithen ursprünglich Mineralien wie Monazit, Zirkon, Thorit und Xenotim enthielten, wurden diese wegen ihres hohen spezifischen Gewichts angehäuft und so entstanden jene mächtigen Sandablagerungen in den Union-Staaten Nord- und Süd-Carolina, Idaho, Virginien, Texas und Colorado, sowie in den brasilianischen Provinzen Bahia und Minas Geraes. In letzteren finden sich auch mächtige Ablagerungen in Seesandbänken, deren Entstehung sich in folgender Weise erklären lässt. Die Brandung löst, wenn sie sich an Klippen von monazitführenden kristallinen Gesteinen bricht, diese auf und wäscht die leichteren Erden und Mineralien weg, wobei sie natürlich konzentrierte Ablagerungen von Monazitsand mit geringerer oder grösserer Beimischung fremder Mineralien längs der Küste zurücklässt.

Die geographischen Striche, an denen solche abbaufähigen Monazitablagerungen gefunden wurden, sind sehr beschränkt an Zahl und Ausdehnung und finden sich, soweit unsere Kenntnis bis jetzt reicht, nur in Nord- und Süd-Carolina in den Vereinigten Staaten, an der brasilianischen Küste im äusseren südlichen Teil der Provinz Bahia und am Sanárka-Flusse in Russland.

Der Prozentgehalt an Monazit in dem ursprünglichen Sand ist sehr wechselnd, zwischen Spuren und 1—2%. Aus diesem Sand werden durch einfaches Verfahren die leichten Teile abgeschlemmt, während mit Monazit die anderen schweren Mineralien wie Zirkon, Rutil, Brookit, Titaneisen, Granat etc. zurückbleiben. Der für den Handel präparierte Sand ist deshalb nach dem Waschen noch kein reiner Monazit; ein Sand, der 65—75% Monazit enthält, wird für eine gute Qualität gehalten.

Verwendung. Monazit ist das einzige Mineral, aus dem die zur Herstellung von Glühstrümpfen nötigen Stoffe im grossen gewonnen werden können.

Dass gewisse seltene Erden ein besonders hohes Strahlungsvermögen besitzen, hat Auer im Jahre 1880 gefunden, und man weiss jetzt, dass diese Eigenschaft von den Bestandteilen des Monazits nur der cerhaltigen Thorerde zukommt, reine Thorerde zeigt dies Strahlungsvermögen nicht. Das Salz, das zu den Glühkörpern benutzt und das aus

dem Monazit dargestellt wird, ist cerhaltige salpetersaure Thorerde, der Preis des Salzes ist in wenigen Jahren von 1000 Mark auf 60 Mark für das Kilogramm gefallen. Der Vorzug des Gasglühlichtes vor dem gewöhnlichen Gaslicht ist allgemein bekannt, bei gleichem Gasverbrauch übertrifft eine Auerflamme die offene Gasflamme um das 5—6fache an Helligkeit.

Ueber die Produktion von Monazit lassen sich einwandfreie Angaben nicht machen, sie wird auf jährlich 700—1200 Tonnen geschätzt. Der Hauptproduktionsort ist jetzt Brasilien, das ca. 95% liefert und die beiden Carolina, die ungefähr 5% der Gesamtproduktion liefern. Der Preis richtet sich nach dem Thoriumgehalt und beträgt etwa 600 Mark für minderwertige Ware, 1200—1300 Mark für die Tonne hochprozentiger (mit über 6% Thorerde) Ware. Einen mehr als 10% betragenden Thorerdegehalt weist nur ausgesucht reiner Monazit auf.

Hier mögen einige andere seltene Mineralien mit seltenen Elementen nur genannt sein: Columbit ist niobsaures Eisenoxydul $FeNb_2O_6$, meist mit beigemischtem tantalsaurem Eisenoxydul; bildet schwarze rhombische Kristalle, die in Granit eingewachsen im Bayrischen Wald, bei Miask im Ilmengebirge, Haddam in Connecticut etc. vorkommen. Tantalit ist tantalsaures Eisenoxydul, kristallisiert ebenfalls rhombisch, ist aber seltener als Columbit. Yttrotantalit ist tantalsaures Yttrium und Erbium mit Kalk und Eisenoxydul, rhombisch, meist derb, schwarz, bei Ytterby und Finbo in Schweden. Koppit bildet kleine, reguläre, braune Würfel im Kalk von Schelingen im Kaiserstuhl; enthält Niobsäure, verbunden mit Cer, Didym, Lanthan, Kalk, Eisenoxydul, Kali und Natron. Eudialyt bildet rhomboedrische Kristalle oder derbe Massen, ist rosenrot bis braunrot, und enthält Kieselsäure und Zirkonerde, Ceroxyd, Eisenoxydul, Kalk, Natron und Chlor; kommt in Elaeolithsyenit von Kangerdluarsuk in Grönland und der Halbinsel Kola vor. Gadolinit kommt in pechschwarzen, muschlig brechenden Massen vor, enthält Cer, Lanthan, Didym, Thorium, Beryllium, Eisen und Kieselerde und ist mit Euklas und Datolith verwandt. Es gibt einfachbrechenden und doppelbrechenden Gadolinit, der erstere geht beim Erwärmen unter lebhafter Phosphoreszenz in den andern über, rückläufig ist die Umwandlung nicht. In Granit auf der Insel Ytterby in Schweden, der Insel Hitterö in Norwegen, bei Fahlun und andern Orten.

Vanadinit ist chlorhaltiges vanadinsaures Blei, mit Pyromorphit isomorph, bildet kleine hexagonale, orangerote Säulen; mit die schönsten Kriställchen kommen in Pinal Co. in Arizona und Silver-District, Yuma Co. in Arizona vor.

Wasserhaltige Phosphate.

Struvit. Nach dem grossen Brand in Hamburg im Jahre 1845 fanden sich beim Grundbau der Nikolaikirche in einer aus Viehmist gebildeten Moorerde schöne gelbe bis farblose Kristalle (Tafel 82, 3 und 4), die den Namen Struvit bekommen haben. Seitdem ist das gleiche Mineral wiederholt unter alten Miststätten, in Kloaken und in Guano gefunden worden und es ist offenbar aus Bestandteilen von Abfallsprodukten entstanden. Die chemische Analyse ergab das überraschende Resultat, dass es die gleiche Verbindung ist, die der Chemiker erzeugt, um Magnesia aus ihren Lösungen auszufällen, phosphorsaure Ammoniak-Magnesia, $(NH_4)MgPO_4 + 6H_2O$.

Die Kristalle (Tafel 82, 3 und 4) fallen durch ihre sargförmige Gestalt auf, sie gehören dem rhombischen System an und sind an dem einen Ende von einer grossen

Digitized by Google

Basis, an dem anderen von Domenflächen begrenzt, also ausgesprochen hemimorph. Dies gibt sich auch in der elektrischen Erregbarkeit deutlich zu erkennen, indem die beiden verschiedenen Enden bei Temperaturänderung in verschiedenem Sinne elektrisch erregt werden (vergl. über Pyroelektrizität bei Turmalin Seite 243).

An der Luft werden die Kristalle matt, weiss und trüb (Tafel 82, 4), weil sie Bestandteile an die Luft abgeben, sie müssen daher in verschlossenen Gläschen aufbewahrt werden, wenn man sie frisch erhalten will. In Wasser, besonders ammoniakhaltigem, sind die Kristalle unlöslich, daher dient ihre Verbindung zur quantitativen Bestimmung von Magnesia. Vor dem Lötrohr schmelzen sie unter Entwicklung von Ammoniak. Das spezifische Gewicht ist 1,7, die Härte liegt zwischen der von Talk und Gips.

Ausser in Hamburg haben sich Kristalle dieser Verbindung in einer Düngergrube in Homburg v. d. Höhe, Braunschweig und Marburg, in den Kloaken von Dresden und besonders im Guano in den Skipton-Höhlen bei Ballarat in Australien und der Insel Ichaboe an der westafrikanischen Küste gefunden, hier auch von Phosphorsalz (als Mineral Stercorit genannt) begleitet, der Verbindung, mit der man am besten Magnesia aus ihren Lösungen fällt.

Vivianit. Von den vielen Mineralien, in denen Eisen mit Phosphorsäure oder Arsensäure verbunden ist, ist Vivianit das häufigste. Werner erhielt die ersten Kristalle durch Vivian aus Cornwall und hat nach ihm dies Mineral, das bis dahin nur erdig als Blaueisenerde bekannt war, benannt.

Die Kristalle sind meist klein, mit Kobaltblüte isomorph, einzeln aufgewachsen, oder wie diese zu radialstrahligen Aggregaten oder nahezu kugeligen Kristallgruppen (Tafel 82, 6) verwachsen. Sie gehören dem monoklinen System an und besitzen parallel zur Symmetrieebene eine sehr vollkommene Spaltbarkeit; Figur 5 auf Tafel 82 zeigt uns ein Spaltungsstück aus einem ungewöhnlich grossen Kristall; die Härte ist gleich der von Gips, das spezifische Gewicht ist 2,6. Die Farbe ist bläulichgrün bis indigblau, ursprünglich aber sind die Kristalle farblos und werden erst an der Luft blau. Diese Farbenänderung steht mit einer Aenderung in der chemischen Zusammensetzung in Verbindung, der frische Vivianit ist wasserhaltiges phosphorsaures Eisenoxydul $Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$, der längere Zeit der Luft ausgesetzt gewesene enthält neben Eisenoxydul immer grössere Mengen von Eisenoxyd. Der Gehalt an Eisenoxydul kann von 43 % auf 10 % sinken, der an Eisenoxyd von 1 % auf 38 % steigen.

Abgesprengte Blättchen von blauem Vivianit erweisen sich unter dem Mikroskop als stark dichroitisch, ihre Farbe wechselt bei dem Drehen über dem untern Nicol zwischen nahezu farblos und tief indigblau, sodass Vivianit zur Demonstration des Dichroismus sehr geeignete Präparate liefert.

Vor dem Lötrohr lassen sich alle Bestandteile nachweisen; im geschlossenen Glasröhrchen entweicht beim Erhitzen des Pulvers Wasser, auf der Kohle schmilzt das Mineral zu einer magnetischen Kugel und färbt durch die Phosphorsäure die Flamme grün.

Vivianit findet sich als jugendliche Bildung kristallisiert bisweilen im Innern von fossilen Muscheln, z. B. bei Kertsch in der Krim, in Säugetierknochen im Laibacher Torfmoor, erdig in Torfmooren und in Raseneisenstein. Das in Figur 6 auf Tafel 82 abgebildete Stück von kristallisiertem Vivianit stammt aus der jungtertiären Braunkohle von Weckesheim in der Wetterau. Schöne, auch isolierte Kristalle kommen auf Höhlungen von Schwefelkies in Cornwall und bei Tavistock in Devonshire, auf Magnetkies bei Bodenmais im Bayrischen Wald vor; als Fundort des in Figur 5 abgebildeten Spaltungsstücks ist Moldawa im Banat angegeben.

Von andern Mineralien, in denen Eisen mit Phosphorsäure oder Arsensäure verbunden ist und die meist mit Brauneisenstein zusammen vorkommen, nennen wir nur:

Skorodit, $FeAsO_4 \cdot 2H_2O$, kleine, grünliche, durchscheinende Kristalle, die dem rhombischen System angehören und pyramidale oder kurzsäulenförmige Gestalt haben und u.a. bei Dernbach unfern Montabaur im Westerwald vorkommen. Strengit, $FePO_4 \cdot 2H_2O$, mit Skorodit isomorph, nach Professor Streng benannt, bildet rhombische, zu kleinen kugeligen Aggregaten vereinigte Kriställchen, die an ihrer hellvioletten Farbe leicht zu erkennen sind. Die Eisensteingrube Eleonore bei Bieber unfern Giessen und die Grube Rothläufchen bei Waldgirmes unfern Wetzlar sind bekannte Fundorte. Auf beiden Gruben findet sich auch der gelbe, seidenglänzende, in fein radialfaserigen kleinen Kügelchen vorkommende Kakoxen, ein wasserhaltiges, basisch phosphorsaures Eisenoxyd, und der ähnlich zusammengesetzte rotbraune tafelige oder nadelige Eleonorit. Ein ebenfalls basisches phosphorsaures Eisenoxyd ist Kraurit oder Grüneisenerz, ein meist dichtes, schmutziggrünes Mineral mit kleintraubiger, nierenförmiger Oberfläche. Grube Rothläufchen bei Wetzlar und Eisensteingruben im Siegenschen sind Fundorte für dies Mineral. Ein wasserhaltiges, basisch arsensaures Eisenoxyd ist Pharmakosiderit oder Würfelerz, kleine reguläre lauchgrüne Würfel, die durch das Auftreten eines Tetraeders erkennen lassen, dass sie der tetraedrisch-hemiedrischen Abteilung angehören. Schwarzenberg in Sachsen, St. Day in Cornwall.

Wavellit. Für dieses nach seinem Entdecker Dr. Wavel benannte Mineral sind seine ausgezeichnet radialfaserigen Aggregate (Tafel 82, 9) charakteristisch, einerlei, ob sie sich zu halbkugeligen, kugeligen oder traubigen Gruppen im Raum oder zu sternförmigen Gebilden auf den Kluftflächen von Schiefer vereinigen, isolierte Kristalle sind selten, klein, nadelförmig, gerade genügend ausgebildet, um ihre Zugehörigkeit zum rhombischen System feststellen zu können. Die Farbe ist weiss, grau, gelblich, rot, grünlich oder blau; dünne Nadeln sind durchsichtig, sonst ist es durchscheinend, glasglänzend.

Nach seiner chemischen Zusammensetzung ist Wavellit ein basisches Aluminiumphosphat, $4AlPO_4 \cdot 2Al(OH)_3 \cdot 9H_2O$, das oft ausser den in der Formel genannten Bestandteilen ein wenig Fluor enthält.

Die Härte ist $3\frac{1}{2}$—4, das spezifische Gewicht 2,3.

Wavellit findet sich auf Kluftflächen von Kieselschiefer am Dünsberg bei Giessen und bei Langenstriegis unfern Freiberg in Sachsen; auf sandiger Grauwacke bei Cerhovic unweit Beraun in Böhmen, auf Tonschiefer bei Barnstaple in Devonshire, mit Eisenerz auf der Grube Rothläufchen bei Waldgirmes unfern Wetzlar, bei Oberscheld unfern Dillenburg und anderen Orten. Das in Figur 9 der Tafel 82 abgebildete Stück stammt von Montgomery Co. in Arkansas.

Lazulith. Dieses Mineral hat wegen seiner blauen Farbe den Namen Lazulith oder Blauspat bekommen, es ist, wenn Kristalle vorliegen (Tafel 82, 7 und 8), mit keinem andern Mineral zu verwechseln. Sie gehören dem monoklinen System an und sind meist von zwei schiefen Prismen begrenzt, die zusammen eine geschlossene monokline Pyramide bilden, wie der eingewachsene Kristall der Figur 8 erkennen lässt, während der isolierte Kristall der Figur 7 durch die Ausdehnung seiner Flächen mehr prismatische Gestalt hat. Gute Kristalle von Lazulith sind immerhin selten, meist ist das Mineral derb oder körnig.

Es ist bläulichweiss, berlinerblau oder indigblau und nur sehr wenig durchsichtig, an der Oberfläche meist matt, nur die seltenen aufgewachsenen Kristalle sind glänzend. Das spezifische Gewicht ist 3,1, die Härte 5—6.

Lazulith ist in der Hauptsache wieder Tonerdephosphat, enthält aber ausser den Bestandteilen eines solchen noch bis zu 12% Eisenoxydul und bis zu 13% Magnesia: $(Fe, Mg)O \cdot Al_2O_3 \cdot P_2O_5 \cdot H_2O$ wäre die einfachste Formel mit getrennt aufgeführten Bestandteilen.

Digitized by Google

Es findet sich u. a. bei Werfen in Salzburg und am Graves Mt. in Lincoln Co. in Georgia, von wo die auf der Tafel abgebildeten Kristalle stammen.

Türkis (Tafel 82, 10—12) und Variscit (Tafel 82, 13), die gleichfalls wasserhaltige Tonerdephosphate sind, haben wir bereits bei den Edelsteinen (Seite 259) kennen gelernt; Wavellit und Lazulith finden keine Verwendung.

Organische Verbindungen.

Honigstein oder Mellit enthält wie die zuletzt genannten Mineralien Tonerde, aber nun nicht mehr mit einer sogenannten Mineralsäure, sondern mit einer Kohlenstoff enthaltenden sogenannten organischen Säure, der Mellitsäure, verbunden, und seine Zusammensetzung wird durch die Formel $Al_2C_{12}O_{12} \cdot 18H_2O$ ausgedrückt. Honigstein ist das Mineral von Werner wegen seiner honiggelben Farbe genannt worden, aus dem gleichen Grund hat ihm Haüy den aus dem Griechischen abgeleiteten Namen Mellit gegeben, und die Mellitsäure ist nach ihm benannt worden. Im Kolben geglüht, gibt das Mineral reichlich Wasser, vor dem Lötrohr verkohlt es und hinterlässt schliesslich einen weissen, aus Tonerde bestehenden Rückstand.

Seine einfachen Kristalle (Tafel 82, 14—16) gehören dem quadratischen System an und sind entweder nur von einer Pyramide (Figuren 14 und 16) oder von dieser und dem Prisma der anderen Stellung (Figur 15) begrenzt. Die Flächen der Pyramiden schneiden sich an den Endkanten unter $118^1/_4{}^0$, sie wird als Grundpyramide P angenommen, das Prisma ist dann das zweiter Stellung $\infty P \infty$.

Die Farbe ist weiss (selten), strohgelb oder dunkelgelb, so wie die Abbildungen es zeigen; die Durchsichtigkeit wird meist durch Risse beeinträchtigt. Das spezifische Gewicht liegt bei 1,6, die Härte ist wenig über 2. In Salpetersäure und Salzsäure ist Honigstein leicht löslich.

Honigstein findet sich in Braunkohle bei Artern in Thüringen (Tafel 82, 14), Luschitz in Böhmen und Malöwka im Gouvernement Tula (Tafel 82, 15 und 16), hier auf erdiger Steinkohle.

Interessant ist auch das Vorkommen von oxalsaurem Kalk in dem Mineralreich, der freilich in dem Pflanzenreich viel verbreiteter ist. Er bildet monokline kleine Kristalle, meist herzförmige Zwillinge, und hat sich in einem Steinkohlenlager bei Burgk im Plauenschen Grunde bei Dresden und in Braunkohle bei Brüx in Böhmen gefunden. Er ist nach der Formel $CaC_2O_4 \cdot H_2O$ zusammengesetzt und heisst als Mineral Whewellit.

Bernstein oder Succinit ist ein Harz, das aus Koniferen der Vorzeit geflossen ist und das sich erhalten hat, während die Koniferen selbst fast spurlos verschwunden sind. Da er von Pflanzen abstammt, ist er eigentlich kein Mineral, aber er wird doch als solches betrachtet, weil er sich in der Erde findet und keine pflanzliche Struktur besitzt, und es gibt kein Mineral, das so allgemein beliebt wäre, wie Bernstein. Von allen Völkern wird er begehrt, in allen Schichten der Bevölkerung wird er als Schmuck getragen, zu allen Zeiten, von Homer an bis in die Jetztzeit, hat er in hohem Ansehen gestanden. Und doch ist Bernstein nur ein Harz, die regelmässige Form, die wir sonst an Mineralien bewundern, geht ihm ab. Er bildet die gleichen Formen, die wir jeden Tag, wenn auch in viel geringerer Grösse, an dem Harze sehen, das aus unseren Tannen und Kirschbäumen quillt, bald echte, grosse Tropfen (Tafel 82, 22), bald sogenannte Schlauben oder massives Harz, und die Schwere der Stücke schwankt von weniger als ein Gramm bis zu zehn Kilogramm. In den Schlauben (Tafel 82, 17) ist eine Lage über die andere geflossen, nachdem die ältere schon an der Oberfläche erhärtet war; sie konnten daher

nicht mehr ineinander fliessen und bilden nun schalige Steine, welche in der Flussrichtung leicht zerspringen, indem sich die Schalen voneinander ablösen; ihr Material ist immer klar und oft sind sie reich an den später zu besprechenden Einschlüssen.

Der massive Bernstein ist bald vollkommen klar, gleichmässig gefärbt und durchsichtig, bald mehr oder weniger trüb, undurchsichtig und ungleich in der Farbe. Der klare Bernstein ist wasserhell, was aber selten ist, hellgelb bis rotgelb; der trübe Bernstein wird je nach seiner Beschaffenheit als Bastard, knochiger und schaumiger Bernstein unterschieden.* Der Bastard zeichnet sich durch grosse Politurfähigkeit aus und führt, je nachdem die Trübungen das ganze Stück durchsetzen oder nicht, verschiedene Bezeichnungen. Ein durchweg trüber Bernstein ist der eigentliche Bastard; sind durch die klare Grundmasse die Trübungen in gesättigter Färbung wolkig verteilt, so führt das Stück den Namen wolkiger Bastard (Tafel 82, 20); lösen sich die Trübungen zu feinen staubartigen Zeichnungen auf, so heisst die Sorte flomig. Eine weitere Teilung des Bastard findet nach der Färbung statt, die rein weisse bis grünlichgelbe Nuance nennt man perlfarbig, die helleren Sorten hiervon heissen im Handel blauer Bernstein, die gelben werden kumstfarbig genannt, von Kumst gleich Kohl oder Sauerkraut.

Der knochige Bernstein oder Knochen ist undurchsichtig, weicher als Bastard und weniger politurfähig und besitzt ein knochen- bis elfenbeinähnliches Aussehen; seine Farbe variiert von weiss bis braun (Tafel 82, 21). Der schaumige Bernstein ist undurchsichtig, sehr weich und nicht mehr politurfähig.

Der trübe wolkige und flomige Bernstein, nicht aber der knochige, kann durch Erhitzen mit Oel geklärt werden; es kommt hierbei darauf an, das Oel mit dem Bernstein recht langsam und stetig zu erhitzen und abzukühlen; die Bläschen des trüben Steins füllen sich mit Oel und lassen danach das Licht hindurch. Bei anhaltendem Kochen gelingt es, besonders aus dem »blauen Bernstein« des Handels, ein glashelles Produkt zu erzielen; da jedoch viele Bernsteinstücke dadurch zerstört werden, vermeidet der Arbeiter nach Möglichkeit den Siedepunkt. Dies helle Produkt ist so klar, dass Vergrösserungsgläser, Brillen, Prismen und Brennspiegel aus ihm hergestellt werden konnten; sein gegenüber dem rohen Bernstein stärkeres Lichtbrechungsvermögen wird auf das eingedrungene Klärungsmittel zurückgeführt. Hervorgehoben wird, dass die Brennspiegel aus solchem Stein viel schneller eine Entzündung von Pulver herbeigeführt haben, als solche aus Glas. Dass Bernstein durch Fett geklärt werden könne, war schon zur Zeit von Plinius bekannt, denn er berichtet, dass Bernstein durch Kochen in dem Fette eines Spanferkels Glanz erhalte.

Bei dem Klarkochen entstehen oft eigenartige Sprünge, die an Fischschuppen erinnern. Zuerst sind sie so fein und dünn, dass sie kaum deutlich hervortreten, mit der Zeit werden sie deutlicher und beginnen zu irisieren, bis sie schliesslich im Verlauf des Kochens ganz deutlich sichtbar werden und eine Totalreflexion des Lichtes veranlassen; in letzterem Falle werden diese goldglänzenden Sprünge von den Bernsteinarbeitern mit dem Namen »Sonnenflinten« belegt. Der griechische Name für Bernstein, elektron, soll gleichfalls auf die Sonne Bezug haben und andeuten, dass seine Farbe mit der der strahlenden Sonne zu vergleichen sei.

Auch durch trockenes Erhitzen kann trüber Bernstein geklärt werden; die Stücke werden, ähnlich wie Amethyst, der gebrannt werden soll, in Sand eingebettet und längere Zeit auf über 100° erwärmt. Das Harz wird hierdurch bis zu einem gewissen Grade erweicht und die Bläschen, welche die Trübung erzeugen, schliessen sich.

---

* R. Klebs, Die Handelssorten des Bernsteins. Jahrb. der königl. preuss. geologischen Landesanstalt für 1882.

Von dieser Eigenschaft des Bernsteins, bei höherer Temperatur zu erweichen, macht man Gebrauch, um minderwertige kleine Brocken zu grösseren Stücken zu vereinigen. Sie werden bei Luftabschluss erhitzt und einem Druck von 3000 Atmosphären ausgesetzt, und es soll möglich sein, Bernsteinartikel von jeder Form und Grösse durchsichtig und hochpoliert auf diesem Wege darzustellen. Dieser Bernstein wird als Pressbernstein oder Ambroid bezeichnet.

Besonders interessant ist Bernstein durch die Einschlüsse von vortrefflich erhaltenen Insekten; am häufigsten unter ihnen sind Dipteren (Tafel 82, 19 und Textfigur 274, beide in dreimaliger Vergrösserung), seltener sind Orthoptera, Neuroptera, Coleoptera etc. und Arachnoidea; eine kleine Spinne zeigt uns die Textfig. 275. Ausserdem kommen Pflanzenreste und winzige Schwefelkieskriställchen in Bernstein als Einschlüsse vor, letztere besonders in Knochen. Von den Bäumen des Bernsteinwaldes sind Nadeln und Blütenkätzchen, in klarem Bernstein eingeschlossen, uns erhalten geblieben. Der Erhaltungszustand der Einschlüsse lässt uns schliessen, dass das Harz zur Zeit, als es das Insekt umschloss, sehr dünnflüssig war. Die Körper der Insekten sind verwest, nur der Abdruck mit wenig chitinöser Substanz und Kohle ist von ihnen erhalten, jeder Versuch, sie herauszupräparieren, wäre daher vergeblich.

Fig. 274.

Fig. 275.

Insekten in Bernstein.

Bernstein besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und enthält 79% C, 10,5% H und 10,5% O, seine chemische Zusammensetzung liesse sich durch die Formel $C_{10}H_{16}O$ ausdrücken, er ist aber, wie die übrigen Harze, keine chemische Verbindung, sondern ein homogenes Gemisch. Dementsprechend bleibt bei Behandlung mit Lösungsmitteln ein Teil ungelöst zurück, den man nach Vorschlag von Berzelius als Succinin bezeichnet; in Alkohol sind 20—25%, in Aether 18—23% von klarem Bernstein löslich und er enthält 44—60% Succinin und 3,2—8,2% Bernsteinsäure.

Recht bemerkenswert sind die physikalischen Eigenschaften von Bernstein. Schon lange ist es bekannt, dass er durch Reiben elektrisch wird; weil er in diesem Zustand kleine Staubteilchen anzieht, hat man wohl auch den griechischen Namen elektron von ἑλκητρον, der Zieher, abgeleitet und in dem Wort Elektrizität tritt uns der gleiche Stamm entgegen. Die Härte ist gering, nicht höher als die von Kalkspat, und doch lässt sich Bernstein so gut polieren; das spezifische Gewicht ist auffallend niedrig, nur 1,08, also von dem des Meerwassers nicht verschieden; darum wird Bernstein aus der Tiefe der See so leicht an die Oberfläche gebracht. Wie für das Licht ist Bernstein auch für Röntgenstrahlen in hohem Grade durchlässig, er gehört zu den durchlässigsten Körpern. Mancher Bernstein, besonders sizilianischer, fluoresziert stark und erscheint in zurückgeworfenem Licht bläulichgrün, ähnlich wie Petroleum.

Bernstein schmilzt bei 287° und zersetzt sich hierbei, indem leicht flüchtige Stoffe, darunter die Bernsteinsäure, entweichen und eine schwarze Masse zurückbleibt, die sich in Leinöl löst und zu Firniss und Lack benutzt wird. Bei höherer Temperatur verbrennt Bernstein mit heller weisser Flamme und verbreitet dabei einen angenehmen

Digitized by Google

aromatischen Geruch, weshalb er seit alten Zeiten als Räuchermittel beliebt ist. Von seiner Verbrennbarkeit soll er den Namen Bernstein, vom altdeutschen Wort börnen, gleich brennen, abgeleitet, erhalten haben.

Die Heimat des Bernsteins sind die preussischen Ostseeländer, und seit uralter Zeit wird das begehrte Harz von hier geholt. Nur ganz wenig Bernstein kommt am Simeto bei Catania in Sizilien und in einigen andern Gegenden vor, oft freilich ist das, was für Bernstein ausgegeben wird, ein ihm ähnliches anderes Harz. In Preussen kommt Bernstein eingeschwemmt in einer Schicht der älteren Tertiärformation (dem Oligocän) vor, die sehr reich an Körnchen des blaugrünen Glaukonit ist und darum Grünsand oder meist blaue Erde genannt wird, nicht zu verwechseln mit dem blauen Grund, dem Muttergestein des Kapdiamanten. Aus der durch Wasser und Eis zerstörten Schicht ist Bernstein in jüngere Ablagerungen gelangt und namentlich in dem Diluvium Norddeutschlands weit verbreitet. Die Stücke kommen hier aber immer nur ganz vereinzelt vor; nur lokal, wie an den friesischen Inseln, sind grössere Mengen zusammengeschwemmt, vielleicht, weil sich die Schicht der bernsteinführenden blauen Erde früher bis hierher erstreckte. Aus der »Blauen Erde« wird der Bernstein bergmännisch durch Graben gewonnen und darum Grabstein oder Erdbernstein genannt; das in Figur 18 der Tafel 82 abgebildete Stück soll Grabstein sein. Die Schicht der blauen Erde erstreckt sich bis unter die Ostsee, ihr weiches Material wird leicht zerstört und der leichte Bernstein steigt auf, wird nach Stürmen an den Strand geworfen oder in der Nähe des Ufers mit den ihn umhüllenden Tangmassen gefischt; nach seiner Herkunft heisst er Seestein, nach seiner Gewinnung Schöpfstein. Auf andere Weise gewonnener Bernstein spielt neben diesen beiden kaum noch eine Rolle. Der Taucherbernstein wird durch Taucher von dem Boden der See heraufgeholt, der Baggerstein wird aus den alluvialen Ablagerungen der Haffe gewonnen, der Erdstein, aus dem jüngeren Tertiär oder dem Diluvium, wird gelegentlich gefunden und zeichnet sich durch eine dicke, äussere Verwitterungsschicht aus, welche leicht losplatzt und unter sich Vertiefungen zeigt, die flach trichterförmig in den oberflächlich rötlich nachgedunkelten, gesunden Bernsteinkern hineingehen. Ich möchte das in Figur 18 der Tafel 82 abgebildete Stück für solchen von der äusseren Verwitterungsschicht befreiten Erdstein halten, wenn er auch als Grabstein bezeichnet war; der unversehrte Grabstein besitzt immer eine weisse, staubig erscheinende Verwitterungsrinde.

In den früheren Jahrhunderten beherrschte der Seestein allein den Weltmarkt, obwohl schon in den ältesten Zeiten Grabstein aus der Erde gewonnen wurde. Etwas verändert wurde dieses Verhältnis mit der Freigabe des Strandes an die Anwohner im Jahre 1836, wodurch eine grosse Anzahl von Tagebauten entstanden. Von grossem Einfluss auf den Handel wurde der Grabstein, als die Regierung durch die Verfügung vom 1. Juni 1867 die Verpachtung der Uferberge vom Strand abtrennte und erstere allein an den Meistbietenden abgab. Hierdurch entwickelte sich die grossartige bergmännische Gewinnung des Bernsteins bei Palmnicken und Kraxtepellen im Samland, welche umgestaltend auf den ganzen Bernsteinhandel eingewirkt hat. Da man wegen der undurchsichtigen Rinde die Qualität des Grabbernsteins nicht erkennen kann, die Ware daher nicht recht marktfähig ist, wird der rohe Stein einem Reinigungsprozess unterworfen. Zuerst wird er durch Wasserstrahlen von anhaftenden Erdteilchen befreit, darauf in grossen Fässern mit Wasser, in welchem sich Rohrbesen bewegen, hin und her geworfen, und zuletzt in Behältern, welche Wasser und Sand enthalten und horizontal rotieren, vollständig geschliffen. Hierdurch wird der letzte Rest der Rinde entfernt und ein Material geschaffen, das dem Seestein in jeder Beziehung ebenbürtig ist.

Die Gewinnung des Bernsteins liegt seit Jahren in den Händen der Firma Stantien und Becker. Die von ihr eingeführten Handelssorten sind überall anerkannt und be-

herrschen den Weltmarkt; wir lassen uns am besten wieder durch den Sachverständigen R. Klebs damit bekannt machen.

Die gesamten Handelssorten des Bernsteins lassen sich nach ihrer Grösse, Form und der davon abhängenden Verwendung in vier Hauptsorten einteilen.

Die flachen Bernsteinsorten, hierunter die sogenannten Fliesen, sind die wertvollsten Handelssorten. Man bezeichnet damit Stücke gesunden Bernsteins, welche mindestens 75 mm Dicke und Breite bei 25 cm Länge haben. Aus den Fliesen werden vorzugsweise Zigarrenspitzen hergestellt, die grössten in Wien, welches den Welthandel in diesem Artikel beherrscht, kleinere werden in Nürnberg und einigen andern Städten Deutschlands hergestellt. Den Fliesen ähnlich an Gestalt, nur nicht so dick, sind die Platten, aus denen vorzugsweise die Mundstücke für Zigarrenspitzen aus Holz oder Meerschaum angefertigt werden, ausserdem die sogenannten Manellen, flach polierte Scheiben mit einer halben Bernsteinperle in der Mitte, ferner flache Perlen, die im Handel Pferdekorallen heissen und in Russland viel gekauft werden.

Die mittleren Bernsteinsorten, zu denen die Schlauben gehören, werden hauptsächlich zu Perlen verarbeitet; besonders wertvoll sind die klaren Stücke mit gut erhaltenen Insekten.

Die runden Bernsteinsorten bilden das bevorzugte Material für alle Arten von Perlen, die länglichen Oliven und Zotten und die kugelförmigen eigentlichen Perlen, Bernsteinwaren, die seit alter Zeit von allen Völkern begehrt werden.

Sehr mannigfaltig ist die Verwendung der Perlen. In vielen Gegenden Deutschlands bildet eine Kette von Bernsteinperlen, Korallen genannt, den wertvollsten Schmuck der wohlhabenden Bauersfrauen und in Persien wie in China, der Tartarei und vielen andern Ländern werden Ketten aus Bernsteinperlen als Schmuck getragen. Oder sie werden Heiligen dargebracht oder wie Rosenkränze benutzt; die mohammedanischen Rosenkränze enthalten 90 kleine und eine grosse Perle an einer Schnur und der jährliche Konsum beträgt 70000 Schnüre. Geschliffene Perlen werden zu Brochen vereinigt oder zur Verzierung von Spiegeln und Bilderrahmen in Massen verbraucht.

Der Bernsteinfirniss besteht aus den kleinsten Stücken, die zu Perlen untauglich sind und zu Lacken verschmolzen werden.

Die Produktion an Bernstein betrug im Jahre 1896 ungefähr 440 Tonnen; der bei weitem grösste Teil davon stammt aus den Gruben von Palmnicken und Kraxtepellen, welche von der Firma Stantien und Becker abgebaut werden. Der kleinere Teil wird durch Baggern und Absuchen der Küste gewonnen. Im Jahre 1890 wurden nach Klebs 90000 cbm Blaue Erde abgebaut, die etwa 202000 kg Bernstein im Werte von 1800000 Mark lieferten. Die Bernsteinindustrie Ostpreussens allein beschäftigt etwa 1200 Personen.

Sehr interessant ist es, die Handelswege zu verfolgen heute, wie in den frühesten Zeiten menschlicher Kultur. London versorgt Westindien und Amerika, Marseille Afrika, Moskau versorgt Russland; Armenien, Persien, China, kein Land, das nicht Bernsteinperlen importierte. Jedes Land verlangt besondere Sorten nach Grösse, Farbe und Gestalt. Nach den Hafenplätzen bezeichnet man allgemein im Handel die fertige und die rohe Ware, z. B. ist Bastard de Livourne eine geringere Bernstein-Qualität, die von Livorno aus verschickt wird. Ebenso wie die echten Edelsteine (Seite 259) erhält auch Bernstein nach einer Handelsstadt seinen Namen und es ist leicht verständlich, dass der Name der Stadt einem Stein den Namen verleihen konnte, wie Sardes dem Sarder.

Ozokerit. Das letzte Mineral, das wir nennen, hat mit Wachs und Paraffin grosse Aehnlichkeit, es ist das Erdwachs oder natürliche Paraffin, meist Ozokerit genannt, weil es wie Wachs riecht. Es bildet bräunliche oder grünliche durchscheinende Massen, die leicht schmelzen und brennen und darum wie Wachs oder Paraffin benutzt werden

können. Es findet sich bei Slanik in der Moldau und Boryslaw in Galizien zusammen mit Erdöl und wird hier bergmännisch gewonnen. Das rohe Erdwachs wird durch Behandlung mit Schwefelsäure gereinigt und als Ceresin oder Mineralwachs wie das Bienenwachs zu Kerzen, zu künstlichen Waben, zu Wachsfackeln und dergl. verbraucht. Die jährliche Produktion beträgt etwa 8000 Tonnen. Es ist ein Gemisch von Kohlenwasserstoffen, daher kein Mineral. Noch weniger können Petroleum, Asphalt oder die Kohlen als Mineralien gelten. Ihre technische Bedeutung ist allgemein bekannt, aus dem Mineralreich schliessen wir sie aus, weil sie nach ihrer Abstammung nicht dazu gehören und nach ihrer wechselnden chemischen Zusammensetzung nicht dazu gerechnet werden können; sie sind aus Pflanzen oder Tieren hervorgegangen und sind keine einheitlichen chemischen Verbindungen; Mineralien aber sind anorganische Naturprodukte und chemische Verbindungen.

Das Mineralreich haben wir nun durchwandert und ich hoffe, dass mancher nach der ersten flüchtigen Durchwanderung hier und da gern wieder einkehrt und sich wenigstens mit den wichtigsten Erzen und Edelsteinen, den gesteinsbildenden Mineralien und den Salzen bekannt macht und sich mit manchen von ihnen befreundet, dass vielen das starre und stille Mineralreich so vertraut werde, wie das blumenreiche Pflanzenreich und das von Leben erfüllte Tierreich. Und so schliesse ich mit der letzten Strophe des in der Einleitung zitierten Gedichtes:

Er wird mit ihr verbündet
Und inniglich vertraut
Und wird von ihr entzündet
Als wär' sie seine Braut.

Digitized by Google

Anhang.

Anleitung zum Sammeln von Mineralien.

Die auf unsern Tafeln abgebildeten Mineralien können, so gut sie auch getroffen sind, die natürlichen nicht ersetzen, sie sind etwa mit den Mineralien einer Schausammlung vergleichbar, die man nur aus einer gewissen Entfernung ansehen, aber nicht anfassen und untersuchen darf. Wer die Mineralien recht kennen lernen will, muss eine eigene Sammlung besitzen. Dem Studierenden wird freilich fast immer eine Lehrsammlung, deren Stücke er anfassen und nach Belieben betrachten darf, zur Verfügung stehen und doch lernt er die Mineralien viel besser kennen, wenn sie ihm selbst gehören. Es ist gar nicht nötig, dass er hervorragend schöne und kostbare Stufen besitzt, auch ein einfaches ihm eigenes Stück prägt sich seinem Gedächtnis ein und er wird, von den Abbildungen auf den Tafeln unterstützt, die wesentlichen Eigenschaften erkennen und behalten. Es sollte daher jeder, der Mineralien wirklich kennen lernen will, sich eine, wenn auch noch so kleine Mineraliensammlung anlegen, bei einigem Sammeleifer wird sie bald wachsen, ohne dass er nötig hätte, viel Geld dafür auszugeben.

Anfangs nehme man von jedem Mineral nur alles, was man bekommen kann, sobald man später ein schlechtes Stück durch ein besseres von demselben Fundort ersetzen kann, mag man es tun, aber wenn man das schlechtere selbst gesammelt hat, das andere nicht, behalte man mit diesem auch immer noch jenes; ein Stück, das man selbst gesammelt hat, hat immer seinen besonderen Wert, schon weil man den Fundort ganz genau kennt. Fast überall in seiner engeren Heimat hat man Gelegenheit selbst zu sammeln, vielleicht kommen hier Mineralien häufig vor, die anderswo selten sind und gegen die man andere eintauschen kann. Auf Reisen versäume man nicht zu sammeln oder für weniges Geld Kristalle zu kaufen. Nur sammele man nicht bloss um zu besitzen, sondern um zu lernen; man sehe sich die Stücke immer wieder und wieder an und präge sich ihr Aussehen ein, wer den richtigen Eifer hat, kann sich an einem guten und schönen Stück nie satt sehen.

In meiner Jugendzeit gab es für mich kein grösseres Vergnügen, als vor meinen Mineralien zu sitzen und sie zu betrachten. Die ersten waren in Zündholzkästchen in einem kleinen Schränkchen aufbewahrt, darauf wurde das Innere eines alten Tafelklaviers mein Mineralienkabinett, und als auch dieses zu klein geworden war, schenkten mir meine Eltern einen wahrhaften Mineralienschrank mit vierzig Schubladen und ich hatte so die besten Aussichten, ein steinreicher Mann zu werden. In den Schulferien durfte ich das Mineralienkabinett der Universität Marburg, dessen Direktor damals Professor Dunker und dessen Assistent Apotheker Pfeffer war, besuchen, und Ehrfurchtsschauer überfiel

Digitized by Google

mich jedesmal, wenn ich die Türe offen fand, tiefe Niedergeschlagenheit, wenn ich vor verschlossene Türen kam. Von einem Schaukasten ging ich zum andern, nicht ahnend, dass ich später als Assistent alle die schönen Sachen jeden Tag sehen durfte. So rate ich nach meiner Erfahrung jedem, der Freude an Mineralien hat, die ihm zugänglichen öffentlichen Sammlungen zu besuchen. Wenn er dazu die ausgestellten Mineralien mit den auf den Tafeln abgebildeten vergleicht, so werden sie sich seinem Gedächtnis besser einprägen und er wird finden, dass auf den Tafeln doch recht gute Exemplare abgebildet sind. Könnten die Originale alle in einer Sammlung sein, so würde diese eine ausgesuchte Mustersammlung darstellen.

Alle die schönen Stufen einer Schausammlung sind aber nur zum Ansehen für ihn da, sie können eine eigene Sammlung niemals ersetzen; jene verehrt man, diese gewinnt man lieb. Man sehe sich also alle die Sammlungen an, zu denen man Zutritt erlangt, versäume aber nie, auch selbst zu sammeln.

Von Anfang an gewöhne man sich daran, die eigenen Mineralien ordentlich und übersichtlich aufzubewahren. Jedes wird in ein passendes Pappkästchen gelegt, nachdem es mit Wasser und einer feinen Bürste gesäubert ist. Auf einen sauber geschnittenen Zettel schreibt man den Namen des Minerals und seinen Fundort; wenn man es selbst gesammelt hat, dazu seinen eigenen Namen und das Datum des Tages, an dem man das Mineral gefunden hat, bei den als Geschenk erhaltenen Mineralien den Namen des Gebers. Den Fundort muss man genau angeben, damit man später immer wieder weiss, woher das Mineral stammt. Man mache es sich zur Regel, alte Etiketten, namentlich die Originaletiketten, die zu gekauften oder geschenkten Mineralien gehören, niemals wegzuwerfen, sondern immer bei dem Mineral, zu dem sie gehören, zu bewahren. Schon manche Sammlung ist durch Entfernung alter Etiketten schwer geschädigt worden. Die Pappkästchen kann man sich aus starker Pappe und Glanzpapier selbst anfertigen, ratsam aber ist es, sie fertig zu kaufen, der Preis ist nicht viel höher als der von Pappe und Papier, und die Arbeit doch exakter, wenigstens gilt dies im Vergleich zu denen, die ich mir früher angefertigt habe. Man wähle Kästchen von verschiedener Grösse und gegeneinander so abgemessen, dass sie sich immer lückenlos aneinander stellen lassen.* Kleine Kristalle verwahrt man zweckmässig in Glasröhrchen, die an einem Ende zugeschmolzen sind; freilich wird man sie in einem Pappkästchen immer besser sehen.

Solange man nur wenig Mineralien hat, wird man sie auf irgend eine Weise unterzubringen wissen; wenn die Sammlung umfangreicher wird, muss man sie in einem besonderen Schrank aufbewahren. Man strebe danach, von einem Mineral die verschiedenen charakteristischen Varietäten und nicht bloss Kristalle, sondern auch derbe Arten zu bekommen, damit man es in seiner oft sehr verschiedenen Ausbildungsweise kennen lernt. Die Mineralien selbst ordne man nach dem System, nach dem sie in dem benutzten Buche aufeinander folgen, jedes einzelne wird in einer grossen Sammlung zweckmässig geographisch geordnet, zuerst die Stücke aus der Umgebung des Ortes, in dem sich die Sammlung befindet, darauf die aus den benachbarten und entfernten Bezirken.

Wer selbst Mineralien suchen will, bedarf dazu einer kleinen Ausrüstung, denn nur selten findet man sie so, dass sie ohne weiteres aufgenommen und der Sammlung einverleibt werden könnten. Da die Mineralien meist mit ihrem Muttergestein fest vereinigt oder in Hohlräumen oder auf Spalten aufgewachsen sind, bedarf man eines Hammers

* Mineralienkästchen nach Angabe liefert u. a. die Firma Chr. Reiser in Lahr in Baden. Besonders viel gebrauchte Grössen sind die folgenden (in Centimeter): 4 × 2, 4 × 3, 4 × 4, 5 × 2, 5 × 4, 5 × 5, 6 × 2, 6 × 4, 6 × 5, 6 × 6, 8 × 5, 8 × 6, 10 × 8, 12 × 8. Dies sind die Masse in äusserer Länge und Breite, die Höhe des Randes beträgt bei den kleinen etwa 1 cm, bei den grossen ein wenig mehr.

und Meissels, um sie loszusprengen. Der Hammer muss von gutem Stahl* sein, an den Enden gehärtet, in der Mitte, da wo er am Stiel sitzt, weich; das Ende darf von einer Feile nicht angegriffen werden, darf aber auch nicht ausspringen, wenn man ein hartes Gestein mit ihm anschlägt. Am zweckmässigsten bewaffnet man sich mit einem grossen Hammer, um grössere Blöcke zu bezwingen, und mit einem kleineren, um die Stücke zurechtzuschlagen. Auch der Meissel muss von Stahl sein, die Schneide gut gehärtet, das andere Ende, auf das mit dem Hammer geschlagen wird, muss weicher sein, damit Hammer oder Meissel nicht springt. Wenn man viel sammelt, leistet zum Tragen der Mineralien ein aus feinem festen Bindfaden geflochtenes Netz** gute Dienste. Zu jedem Stück, das man sammelt, lege man gleich einen Zettel, auf dem der Fundort vermerkt ist, und wickle es mit diesem in Papier. Uneingewickelt sollen Mineralien nie transportiert werden, weil sie sich verstossen und an Schönheit verlieren. Beschädigte Mineralien sind ebenso unschön, wie beschädigte Schmetterlinge, und man denke nicht, sie könnten wegen ihrer Härte alles vertragen. Für zerbrechliche genügt nicht einmal Papier zum Verpacken, sondern sie wollen mit Seidenpapier, Watte und reichlichem Zeitungspapier umwickelt sein, ein besonders zerbrechliches muss für sich in ein Kästchen gepackt werden, ehe es mit den andern vereinigt wird. Alle die auf unseren Tafeln abgebildeten Mineralien haben, auf diese Weise von zarten Händen sorgfältig verpackt, ihre Reise in das Kunstinstitut angetreten, und sind dafür auch unversehrt wieder in die Hände ihrer Besitzer zurückgelangt.

Zu Hause wird jedes Stück gereinigt, wobei auf seine Beschaffenheit gehörig Rücksicht zu nehmen ist. Salze, die sich in Wasser lösen, wie Steinsalz, wird man nur mit einem Pinsel abstauben, zerbrechliche legt man in Wasser oder spült sie unter der Wasserleitung ab, die festeren werden mit Bürste und Wasser gereinigt. Mit Säuren Mineralien zu reinigen, ist im ganzen nicht ratsam, da hierdurch ein Mineral leicht zerstört, oder ein charakteristischer Ueberzug ihm genommen werden kann. Das gereinigte Mineral sehe man mit blossem Auge und unter der Lupe genau an, und, wenn man es erkannt hat, vergleiche man das, was in diesem Buch darüber gesagt ist, mit dem, was man an ihm beobachten kann. Ein Mineral, das man nicht kennt, muss man bestimmen. Hierzu gibt es besondere Anleitungen***, deren Gebrauch immerhin eine gewisse Uebung voraussetzt. Man muss dabei ausser der Kristallform die Härte, den Glanz, die Farbe und Spaltbarkeit berücksichtigen und, wenn diese Eigenschaften noch nicht zur Bestimmung genügen, das Verhalten vor dem Lötrohr (Seite 58) prüfen. Wer hiermit nicht recht Bescheid weiss und ein Mineral nicht bestimmen kann, lege es seinem Lehrer, dem Besitzer oder Vorsteher einer Mineraliensammlung vor; jeder Mineraloge wird immer gern bereit sein, einem eifrigen Sammler zu helfen. Wenn schliesslich noch zu jedem Stück eine saubere Etikette geschrieben ist, kann es in die Sammlung eingeordnet werden.

Ich bitte nun meine Leser, mich auf einer Exkursion zu begleiten. Der Rucksack birgt das Packmaterial, das Netz und den grossen Hammer, den kleinen behalten wir in der Hand; in der Westentasche führen wir Bleistift und geschnittene kleine Zettel, dazu eine gute Lupe. Wir fahren nach Butzbach und gehen über Griedel und Rockenberg nach Münzenberg. Gleich hinter Griedel finden wir an einem Abhang, lose herumliegend, prächtige grosse Quarzkristalle mit innerer Schichtung, an Grösse und Gestalt mit Figur 11 auf Tafel 52 vergleichbar; er kommt auf einem verschütteten Gang in Grau-

* Vortreffliche Hämmer liefert Schmiedemeister K. Schaum in Kleinlinden bei Giessen.

** Zu beziehen u. a. von dem Rheinischen Mineralien-Comptoir von Dr. Fr. Krantz in Bonn.

*** Fuchs-Brauns, Anleitung zum Bestimmen der Mineralien. 4. Aufl. Giessen 1898. — Alb. Weisbach, Tabellen zur Bestimmung der Mineralien mittels äusserer Kennzeichen. 6. Aufl. Leipzig 1903.

wacke vor, genau wie der abgebildete Quarz von Usingen. Den Fundort schreiben wir auf, wickeln die Kristalle mit der Etikette ein und sehen uns weiter um. Dicht daneben sehen wir vor dem Mundloch eines Stollens frisch geförderte Erze, wir finden Brauneisenstein mit traubiger Oberfläche, darunter etwas Manganerz, nach längerem Suchen auch kleine Schwerspatkristalle und andere Kristalle, die wohl die Form von Schwerspat haben, aber aus körniger Quarzsubstanz bestehen, es sind Pseudomorphosen von Quarz nach Schwerspat. Wir erinnern uns, in der Schausammlung des mineralogischen Instituts in Giessen grosse derartige Pseudomorphosen gesehen zu haben und freuen uns, wenigstens die Art des Vorkommens hier kennen gelernt zu haben. An Sandgruben vorbei, aus denen wir eine Probe tertiären Sandes mitnehmen, kommen wir zu den Steinbrüchen und Sandgruben in der Nähe des Dorfes Rockenberg. Von den Blattabdrücken von Zimmt- und Lorbeerbaum, von denen wir im mineralogischen Institut in Giessen Prachtstücke gesehen hatten, finden wir nichts, dagegen haben wir das Glück, in einer der Sandgruben die prächtigen, sonst so seltenen Schwerspatrosetten zu finden (siehe die Figur 267 auf Seite 405). Wir notieren also: Schwerspatrosetten aus tertiärem Sand, Sandgruben bei Rockenberg unfern Butzbach. Auf dem Wege nach Münzenberg lesen wir ein Stück Kalkstein auf, in dem wir winzig kleine Schnecken erkennen, es ist Litorinellenkalk, der im Mainzer Becken weit verbreitet ist, hier aber nur an einer Stelle vorkommt; er beweist uns, dass wir uns hier im jüngeren Tertiär, dem Miocän, befinden. Weiter ansteigend erreichen wir Münzenberg mit der prächtigen Ruine, deren beide Türme das Wahrzeichen der Wetterau sind. Die Burg steht auf einer Basaltkuppe, die Fundamente der Türme sind aus horizontal gelegten Basaltsäulen aufgebaut, in den herumliegenden Basaltstücken finden wir bis erbsengrosse ölgrüne Körner, in denen wir das Mineral Olivin erkennen; ein kleines Stück Basalt mit eingesprengtem Olivin nehmen wir gerne mit, denn der Olivin ist frisch und klar. Und nun zu den grossen Steinbrüchen des Blättersandsteins. Von den früher so häufigen, prächtigen Blattabdrücken, darunter Palmwedel, finden wir nur wenig, wer sich dafür interessiert, kann kleinere Stücke, auch solche mit Nusskernen, von den Arbeitern kaufen. Dagegen finden wir Schwerspat, bald schöne Kristalle in den Hohlräumen von Pflanzenresten, bald strahlige Massen auf den Kluftflächen des Gesteins. Mit Schätzen schwer beladen, wandern wir an wohlerhaltenen Lavaströmen vorbei über die ehrwürdige Zisterzienserabtei Arnsburg nach Lich, und können am Bahnhof vielleicht noch ein Stück Bauxit mitnehmen, der auf den Feldern der Umgegend gelegentlich gesammelt wird. Zu Hause werden die gesammelten Mineralien gewaschen, jedes erhält eine saubere Etikette und wird in einem passenden Pappkästchen aufbewahrt.

So finden wir, um in der Umgebung von Giessen zu bleiben, auf andern Exkursionen Pyrolusit, Psilomelan, Wad, Brauneisenstein, Kalkspat, Dolomit und Pseudomorphosen von Pyrolusit nach Dolomit in dem Braunsteinbergwerk der Lindener Mark, auf dem Wege dahin abgerollte Stücke von weissem Quarz. Auf einer Exkursion nach Nidda holen wir aus Gemüsekellern am Abhang des Berges mit Hilfe von Hammer und Meissel blasigen Basalt, dessen Blasenräume mit prächtigen, glitzernden Kristallen von Chabasit und Phillipsit angefüllt sind; bei dem benachbarten Michelnau finden wir in Basaltschlacken kleine Phakolithkristalle, grössere in dem Basaltbruch von Oberwiddersheim, den wir leicht erreichen können, hier auch Natrolith, und in dem blauen Basalt zwischen dem Solbad Salzhausen und Nidda grosse Einschlüsse von Olivin mit smaragdgrünem Chromdiopsid. Wir unternehmen weiter eine Exkursion über Bieber und Hohensolms nach Wetzlar. In den Kalkbrüchen bei Bieber finden wir manchmal prächtige Kalkspatkristalle und echten Tropfstein; auf der Höhe des Dünsberg nach längerem Suchen wohl auch Wavellit; auf der Grube Eleonore am Fusse des Dünsberg Brauneisen-

stein, erdiges Manganerz, Quarzkristalle, Kakoxen, Eleonorit und Strengit, nicht weit davon, wenn wir uns in den verlassenen Stollen der Grube Moritzburg bei Hohensolms wagen, können wir Körner von Zinnober sammeln und auf der Grube Morgenstern uns mit Roteisenstein bereichern; auf den Halden der Grube Rotläufchen, an der wir auf dem Wege nach Wetzlar vorbeikommen, finden wir weissen, radialstrahligen Wavellit, Kakoxen, Strengit, Grüneisenstein und Brauneisenstein. Die Umgegend von Giessen ist gerade besonders reich an Mineralien, aber auch zahllose andere Orte bieten dem Sammler viel, es gilt nur das Auge offen zu halten und eifrig zu suchen.

Wer Gelegenheit hat, Orte zu besuchen, an denen Mineralindustrie blüht, wird hier billig kaufen können, auch wohl manches geschenkt erhalten. In Oberstein und Idar kann er sich leicht mit rohen Edelsteinen und Halbedelsteinen versehen, in Stassfurt erhält er eine ganze Sammlung der dort vorkommenden Salze, in einem grossen Glas wohl verschlossen; in Steinbrüchen im Fichtelgebirge, am Laacher See, bei Auerbach an der Bergstrasse, bei Baveno und unzähligen andern Orten kann er vieles selbst sammeln, anderes für wenig Geld von den Arbeitern kaufen, in Blei- und Silberhütten, an Eisenhochöfen und an den Bergwerksorten kann man die Erze sammeln, die dort verschmolzen werden, nur an den Badeorten muss man vorsichtig sein, der Mineraloge überlässt die hier feilgebotenen Schätze lieber den unerfahrenen Badegästen; die Mineralien sind meist viel zu teuer, oft schlecht erhalten und die Angaben über die Fundorte sind immer unzuverlässig. Mineralien, die durch eigenes Sammeln oder durch Tausch nicht erreichbar sind und nach denen man bei Ausdehnung der Sammlung strebt, erhält man in Handlungen, aber im Ganzen nicht billig. Ich nenne das Mineralien-Comptoir an der Bergakademie in Freiberg i. S., die Mineralienhandlungen von D. Blatz in Heidelberg und von Dr. Fr. Krantz in Bonn.* Die grossen amerikanischen Mineralienhandlungen schicken bei grösserer Bestellung Sendungen zur Ansicht; an Gelegenheit zu kaufen, fehlt es nicht; aber, so prächtige Mineralien man auch kaufen kann, die selbst gesammelten haben für den Besitzer immer doch grösseren Wert, und wer dauernd rechte Freude an seinen Mineralien haben will, der sammele selbst.

* Man beachte hierüber die Anzeigen hinter dem Register.

Namen-Verzeichnis.

Abraumsalze 365.
Abraxasgemmen 198.
Absorption 51, 57.
Achat 281.
— künstl. Färbung 278.
— Verwendung 283.
Achatbohrer 193.
Achatmandeln, Entstehung 283.
Achatschleiferei 192.
Achroit ist farbloser Turmalin 244.
Achse, kristallogr. 15.
— optische 53.
Achsenwinkel 111.
— Aenderung durch Erwärmen 411.
Achtundvierzigflächner 22.
Adamin 117.
Adelsvorschub 69.
Adular 299.
— Verwendung 299.
Aegirin 324.
Aërolithe = Meteorite 154.
Aetzfiguren 20.
— bei Beryll 228.
— — Glimmer 336.
— — Kieselzinkerz 121.
— — Quarz 20, 226.
— — Steinsalz 355.
— — Sylvin 366.
Aetzkali 369.
Aetznatron 363.
Afterkristalle = Pseudomorphosen 45.
Agalmatolith 350.
Aggregat 44.
Akmit 323.
Aktinolith = Strahlstein 326.
Alabaster 410.
— orientalischer 401.
Alaun 369.
Albin 308.
Albit 299.
Alexandrit 231.
Alfenide 105.
Allemontit = Antimon 125.
Almandin 239.
Almandinspinell 219.
Alstonit 402.
Aluminium 217.
Aluminiumbronze 105.
Amalgam 106, 107.
Amazonenstein 298.
Ambroid 425.
Amethyst 265, 270.
— Form 271.
— orientalischer 215.
— im polarisierten Licht 265.
— Verwendung 272.
— Vorkommen 271.
Amethyst-Saphir 215.
Amiant 327.
Ammoniak, salpetersaures 374.
Ammoniaksoda 364.
Ammoniumsulfat 379.
Amorphe Körper 47.
Amphibol 327.
Amphibolgruppe 325.
Anacondagang 105.
Analcim 310.
Anatas 183.
Andalusit 254.
Andesin 302.
Andesit 288.
Anglesit 113.
Anhydrit 413.
— Entstehung 359.
Anhydritregion 366.
Anhydritschnüre 359.
Anisotrop = doppelbrechend 52.
Ankerit 385.
Anlegegoniometer 12.
Anomalie, optische 374, 377.
Anorthit 300.
Anthophyllit 326.
Antigorit 347.
Antimon, gediegen 124.
— Verwendung 126.
Antimonblende = Rotspiessglanz 126.
Antimonblüte 126.
Antimonerz 124.
Antimonfahlerz 97.
Antimonglanz 125.
Antimonit 125.
Antimonsilber 84.
Antimonsilberblende 85.
Anwachspyramide 38.
Apatit 33, 414.
Aphrosiderit ist Chlorit.
Aplom ist Melanit 241.
Apochromate 383.
Apophyllit 308.
Aquamarin 228, 237.
Aragonit 398.
Aragonitgruppe 385, 398.
Argentit 83.
Argyrodit 87.
Arkansit 183.
Arsen, gediegen 129.
— Verwendung 130, 131, 141.
Arsenblende, gelbe 130.
Arsenblüte ist Arsenik 129.
Arseneisen 141.
Arsenerze 129.
Arsenfahlerz 97.
Arsenik 129.
Arsenikalkies 141.
Arsenkies 140.
Arsenopyrit 140.
Arsensilberblende 85.
Asbest 326.
— Verwendung 327.
Aschentrecker 243.
Asmanit 277.
Asterie 215.
Asterismus 341.
Astrakanit 372.
Atacamit 102.
Auerflamme 420.
Aufgewachsene Kristalle 44.
Augit 321.
— Kristallform 36.
— Verwachsung mit Hornblende 43, 329.
Auripigment 130.
Ausbildung der Kristalle 44.
Ausgeheilte Kristalle 39.
Auslöschung 56.
Ausscheidungen, magmatische 64.
Ausserordentl. Strahl 32.
Avanturin 275.
Avanturinfeldspat 302.
Axen = Achsen.
Axinit 256.
Azurit = Kupferlasur 101.

Baikalit 320.
Balas-Rubin 219.
Balkeneisen 155.
Bandeisen 155.
Bandjaspis 276.
Baryt 404.
Barytocalcit 385.
Baryumchlorid 406.
Baryumnitrat 377, 407.
Baryumsuperoxyd 407.
Basalt 288.
Basaltjaspis 276.
Basaltische Hornblende 329.
Basanit 288.
Basis 28.
Bastard 424.
Bastit = Schillerspat 319.
Baumstein 279.
Bauxit 217.
Bavenoer Zwillinge 296.
Beauxit 217.
Beilstein 330.
Berggold 69.
Bergkieserit 371.
Bergkork 327.
Bergkristall 267.
— Form 262.
— Verwendung 267.
— Wachstumsstörungen 37.
Bergleder 327.
Bergzinn 178.
Bernstein 423.
— Handelssorten 427.
Berührungszwillinge 41.
Beryll 225.
— gemeiner 228.
— Heilwirkung 199.
Bildstein 350.
Biotit 340.
Bischofit 372.
Bittersalz 371.
Bitterspat 396.
Blackband 150.
Blätteraugit 322.
Blättererz 76.

Digitized by Google

Blanc fixe 407.
Blaue Erde 426.
Blaueisenerde 421.
Blaueisenstein 329.
Blauer Grund 205.
Blauerz 149.
Blauspat 422.
Bleche 58.
Blei, Produktion 116.
— Verwendung 115.
Bleiantimonglanz 110.
Bleiarsenglanz 108.
Bleierze 108.
Bleifarben 116.
Bleiglätte 116.
Bleiglanz 109.
Bleihornerz 112.
Bleivitriol 113.
Bleiweiss 116.
Bleiwismutglanz 108.
Bleizucker 116.
Blende 117.
Blockkieserit 371.
Blödit = Astrakanit 372.
Blue ground 205.
Blutjaspis 280.
Blutstein 144.
— Heilwirkung 199.
— Verwendung 146.
Böhmischer Granat 241.
Bohnerz 150.
Bologneser Spat 406.
Boracit 373.
Borax 375.
Boraxperle 58, 375.
Bornit = Buntkupfererz 95.
Boronatrocalcit 376.
Borsäure 376.
Bort 201.
Boulangerit 108.
Bournonit 98.
Brachydoma 34, 36.
Brachypinakoid 34.
Braunbleierz 114.
Brauneisenstein 150.
Braunerz 149.
Braunit 162.
Braunspat 396.
Braunstein 160, 164.
Brechungsexponent 51.
— von Anatas 183.
— — Apatit 415.
— — Aragonit 399.
— — Augit 321.
— — Beryll 226.
— — Chrysoberyll 233.
— — Diamant 200.
— — Enstatit 319.
— — Epidot 252.
— — Euklas 231.
— — Feldspat 297.
— — Flussspat 381.
— — Hypersthen 319.
— — Gips 414.
— — Granat 239.
— — Kalkspat 389.
— — Korund 211.
— — Muscovit 337.
— — Nephelin 505.
— — Olivin 345.
— — Opal 284.
— — Phenakit 230.
Brechungsexponent von Phosgenit 112.
— — Quarz 265.
— — Rutil 182.
— — Spinell 219.
— — Steinsalz 356.
— — Sylvin 367.
— — Topas 235.
— — Turmalin 245.
— — Vesuvian 250.
— — Weissbleierz 111.
— — Zirkon 223.
Brechweinstein 127.
Breithauptit 166.
Bremerblau 105.
Bremergrün 105.
Brillant 190.
Brillantform 189.
Britanniametall 126.
Brochantit 104.
Brom 370.
Bromoform 50.
Bronze 104.
Bronzefarben 105.
Bronzezeit 175.
Bronzit 318.
Brookit 183.
Bruch 48.
Buntbleierz 114.
Buntkupfererz 95.
Bytownit 302.

Cabochon 191.
Cadmium 117, 123.
Cadmiumgelb 123.
Caesium 339.
Calamin = Kieselzinkerz 120.
Calcit = Kalkspat 386.
Calciumcarbid 394.
Caliche 377.
Cameen 191.
Captivos 183.
Carbonado 204.
Carbonate 384.
Carnallit 369.
Carnallitregion 366.
Carneol 280.
Cement 394.
Cerkonier 225.
Cerussit 111.
Ceylanit 221.
Chabasit 309.
Chalcedon 277.
— gestreifter 280.
— künstl. Färbung 278.
— ungestreifter 278.
Chalkopyrit 94.
Chalkotrichit 92.
Chamosit 143.
Chateliersches Pyrometer 80.
Chemische Formel 58.
Chemisches Zeichen 59.
Chiastolith 255.
Chilesalpeter 378.
Chloanthit 166.
Chlor, Darstellung 363.
Chlorastrolith 315.
Chlorit 342.
Chlorkalium 367, 370.
Chlorkalk 394.
Chlornatrium 355.
Chloromelanit 332.
Chlorospinell 221.
Chlorsaures Kalium 369.
Chlorsilber 84.
Chlorzink 123.
Chondrite 157.
Christofle 105.
Chromdiopsid ist chromhaltiger Augit 322.
Chromeisenstein 148.
Chromgelb 116.
Chromit = Chromeisenstein 148.
Chrompräparate 149.
Chromstahl 149.
Chrysoberyll 231.
Chrysokoll 103.
Chrysolith 345.
— orientalischer 215, 233.
Chrysopras 276.
Chrysotil 346.
Cinnabarit 106.
Circularpolarisation 55.
Citrin 269.
Cohenit 156.
Colemanit 376.
Cölestin 407.
Columbit 420.
Combination 10.
Comstockgang 75.
Constanz der Winkel 12.
Contaktmineralien 64.
Cordierit 351.
Cubooktaeder 23.
Cuprit = Rotkupfererz 92.
Cyanidverfahren 69.
Cyanit 254.
Cyankalium 369.
Cylindergemmen 196.
Cymophan 232.
Cyprin 250.

Datolith 315.
Demant = Diamant 200.
Demantoid 241.
Demantspat 216.
Dendritische Wachstumsformen 37.
Desmin 311.
Diabas 288.
Diallag 322.
Diamant 200.
— Darstellung 203.
— Entstehung 206.
— Form 201.
— Fundorte 203.
— grosse 208.
— Härte 200.
— Lichtbrechung 189, 200.
— Marmoroscher 267.
— in Meteoreisen 156, 207.
— Schaumburger 267.
— schwarzer = Carbonado 202, 204.
— Spaltbarkeit 191.
— Unterscheidung 202.
— Verwendung 207.
— Wert 207.
Diaspor 216.
Diatomeenerde 286.
Dichroismus 57.
— bei Amethyst 270.
— — Amethystsaphir 215.
Dichroismus bei Andalusit 255.
— — Aquamarin 226.
— — Axinit 257.
— — Beryll 226.
— — Biotit 341.
— — Cordierit 351.
— — Cyanit 254.
— — Epidot 252.
— — Euklas 231.
— — Hornblende 328.
— — Pennin 342.
— — Rauchtopas 268.
— — Rubin 212.
— — Saphir 214.
— — Smaragd 226.
— — spanisch. Topas 269.
— — Topas 235.
— — Turmalin 245.
— — Vesuvian 250.
— — Vivianit 421.
— — Zirkon 223.
Dichroit 351.
Dichroitische Höfe 351.
Dichroskopische Lupe 57.
Dichte = spezifisches Gewicht 48.
Dimorphie 60, 163.
— enantiotrop 374.
— monotrop 400.
Diopsid 319.
Dioptas 103.
Diorit 289.
Diploeder 26.
Dispersion 52.
Disthen 254.
Dolomit 396.
Dolomitasche 397.
Doppelbrechung 52.
— Erkennung 55.
Doppelsalz 396.
Doppelspat 389.
Doppelsuperphosphat 417.
Dornstein 361.
Dreikantner 273.
Druckfigur bei Glimmer 326.
Druckzwillinge bei Kalkspat 388.
Druse 44.
Dublette 195.
Düngemittel, Kalisalze 368.
— Phosphate 417.
— Salpeter 379.
Düngesalz 362.
Dünnschliff 290.
Dufrenoysit 108.
Durchkreuzungszwilling 41.
Dyakisdodekaeder 26.
Dysanalyt 185.
Dyskrasit 81.

Edelopal 284.
Edelsteine 188.
— Aberglaube 198.
— Bestimmung 194.
— Fälschung 194.
— Gewicht 194.
— Heilwirkung 198.
— Schliffformen 198.
Edelsteinschleiferei 191.

Edeltopas 237.
Edelturmalin 247.
Egeran 250.
Einachsig 53.
Einfache Kristallform 10.
Eingewachsene Kristalle 44.
Einheitsfläche 15.
Einschlüsse 43.
Eisen, gediegen 154.
— Guss- 152.
— hexaedrisches 156.
— oktaedrisches 155.
— Produktion 152.
Eisenblüte 401.
Eisenborazit 375.
Eisenerze 142.
Eisenglanz 143.
— Verwendung 146.
Eisenglimmer 145.
— in Carnallit 369.
Eisenkies 135.
Eisenkiesel 274.
Eisenrosen 40, 144.
Eisenspat 149.
Eisenvitriol 137.
Eiserner Hut 66.
— — bei Eisenspat 149.
— — Gold 69.
— — Kupfer 91.
— — Kupferkies 95.
— — Rotkupfererz 99.
— — Silber 82.
Eisspat = Sanidin 298.
Eklogit 253.
Elaeolith 305.
Elaeolithsyenit 289.
Elektrizität 121, 243.
Elektron 425.
Elektrum 68.
Elemente 59.
— galvanische 123.
Eleonorit 422.
Enantiomorph 33.
Enantiotrop 375.
— bei Borazit 374.
— — Kalisalpeter 380.
— — Leuzit 304.
— — salpetersaurem Ammon 374.
Endfläche 28, 30.
Englisch Rot 151.
Enhydros 279.
Enstatit 318.
Entstehung der Mineralien 61.
Epidot 251.
Epsomit = Bittersalz 371.
Erbsenstein 400.
Erdfälle 412.
Erdkobalt 170.
Erdwachs 427.
Ergussgesteine 288.
Erkennung der Doppelbrechung 53.
Erz 63.
Erzgänge 65.
Erzlagerstätten 64.
Estrichgips 411.
Euchroit 104.
Eudialyt 420.
Eugenglanz = Polybasit 83.
Euklas 230.
Excelsior 206, 208.

Facettenschliff 198.
Fahlerz 96.
Fahlunit 351.
Falkenauge 275.
Farbe 51.
Farbenerscheinungen 44.
Farbenspiel bei Opal 284.
— bei Labrador 302.
Farbenzerstreuung 52.
Faschodagranat 240.
Fasergips 411.
Fassait 320, 321.
Fanjasit 310.
Fayalit 344.
Fayence 317.
Feingehalt von Goldmünzen 68.
— von Silbermünzen 87.
Feldspat 293.
— gemeiner 297.
— gestreifter 301.
— Verwendung 297.
Feldspatähnliche Mineralien 303.
Feuer bei Edelsteinen 190.
Feuerblende 86.
Feueropal 285.
Feuerstein 286.
Flächenbezeichnung 14.
Flammenfärbung 58.
— bei Aragonit 400.
— — Atacamit 102.
— — Borsäure 376.
— — Cölestin 408.
— — Kalkspat 389.
— — Kryolith 383.
— — Kupferkies 94.
— — Lithionglimmer 339.
— — Malachit 100.
— — Schwerspat 405.
— — Spodumen 323.
— — Steinsalz 355.
— — Strontianit 402.
— — Sylvin 368.
— — Witherit 402.
Fliesen 427.
Flint = Feuerstein 286.
Flötz 64.
Florentiner 208.
Floridaphosphate 417.
Fluoreszenz 381.
Fluorit 380.
Flusseisen 153.
Flussspat 380.
Formel, chemische 58.
Forsterit 344.
Franckeit 176.
Frankenberger Kornähren 93.
Franklinit 120.
Fraueneis 409.
Fülleisen 155.

Gabbro 289.
Gadolinit 420.
Gänge 65.
Gahnit = Zinkspinell 120.
Galenit 109.
Galmei 122.
Galvanisches Element 123.
Garnierit 166.
Gasglühlicht 419.
Gaylussit 376.
Gebrannter Gips 411.
Geflossene Kristalle 109, 415.
Gegentetraeder 25.
Gehlenit 306.
Gekrösestein 410.
Gelbbleierz 115.
Gelber Kristall 268.
Gelbglas 130.
Gelbguss 105.
Gemmen 191.
Geode 44.
Gersdorffit 166.
Gestein, Definition 8.
Gesteinsbildende Mineralien 288.
Gestrickter Bleiglanz 38.
Gewundener Bergkristall 39.
Giftkies 140.
Gigantolith 351.
Gips 409.
— Bildung 359, 412.
Gipsschlotten 411.
Glanz 51, 109.
Glanzkobalt 168.
Glaseinschlüsse 43.
Glaserz 83.
Glasfabrikation 274.
Glasflüsse 195.
Glaskopf 45.
— brauner 150.
— roter 145.
— schwarzer 161.
Glauberit 373.
Glaubersalz 373.
— Darstellung 364.
Glaukodot 168.
Glaukonit 426.
Glaukophan 326.
Gleitflächen bei Kalkspat 388.
— bei Steinsalz 355.
Glimmergruppe 335.
Glimmerschiefer 290.
Glockenmetall 104.
Gneiss 290.
Goethit 151.
Gold 66.
— im Altertum 66.
— Produktion 78.
— Verwendung 77.
— Vorkommen 71, 141.
Goldberyll 228.
Goldblech 70.
Golderze 76.
Goldkristalle 70.
Goldlegierungen 68.
Goldmünzen 68.
Goldquarz 69.
Goldschwefel 127.
Goldschmidtsches Verfahren 149, 218.
Goldtopas 269.
Goniometer 12.
Grabstein 426.
Grammatit = Tremolit 326.
Granat 237.
Granat, böhmischer 241.
— orientalischer 240.
— sirischer 240.
Granatgruppe 238.
Granit 289.
— belgischer 395.
Graphit 209.
— in Meteoreisen 156.
Graumachen 191.
Graupen 177.
Grauspiessglanz 125.
Greenockit 119.
Greisen 178.
Griesstein 330.
Griffiths-Weiss 123.
Grossular 240.
Grünbleierz 114.
Grüneisenerz 422.
Grünerde 342.
Grünsand 426.
Grundform 15.
Guano 418.
Gyroedrische Hemiedrie 367.

Haarkies 165.
Haarstein 266.
Haematit 144.
Härte 47.
Härteskala 47.
Halbhydrat 411.
Halbopal 286.
Haloidsalze 380.
Harmotom 313.
Hartblei 126.
Hartmanganerz 161.
Hartsalz 368, 371.
Hauerit 163.
Hauptachse 27.
Hausmannit 162.
Hauyn 307.
Hedenbergit ist eisenreicher Diopsid 320.
Heliotrop 279.
Helium 178.
Helvin 232.
Hemieder 19.
Hemimorphie 32.
— bei Kieselzinkerz 121.
— bei Turmalin 243.
Hemimorphit 121.
Heparreaktion 58.
Hercynit 221.
Herrengrundit 104.
Hessonit 240.
Heulandit 310.
Hexaeder = Würfel 22.
Hexagonales System 29.
Hexakisoktaeder = Achtundvierzigflächner 22.
Hiddenit 323.
Himbeerspat 162.
Höhlen 390.
Höhlenfüllungen 65.
Holoeder 19.
Holzopal 286.
Holzzinn 177.
Honigstein 423.
Hornblende 327.
— basaltische, braune 329.
— gemeine, grüne 329.
— Verwachsung mit Augit 43, 329.

Digitized by Google

Hornerz 84.
Hornsilber 84.
Hornstein 276.
Hübnerit 170.
Hut, eiserner 66.
— — bei Eisenspat 149.
— — Gold 69.
— — Kupfer 91.
— — Kupferkies 95.
— — Rotkupfererz 99.
— — Silber 82.
Hyacinth = Hyazinth 223.
Hyalith 286.
Hyalosiderit 344.
Hyazinth 223.
— von Compostella 274.
— orientalischer 215.
— -Topas 225.
Hydraulischer Gips 411.
— Kalk = Zement 399.
Hydroapatit 416.
Hydrophan 286.
Hypersthen 318.

Ichthyophthalm 308.
Idokras = Vesuvian 249.
Ikositetraeder 22.
Ilmenit 187.
Ilvait = Liëvrit 352.
Indicolith 248.
Inkasteine 38.
Intaglien 191.
Interferenzbild 56.
Iridium 80.
Isomorphe Mischungen 60.
— Reihen 61.
Isomorphie 60.

Jadeit 330.
— Verwendung 333.
Jamesonit 108.
Jaspis 276.
Jod 377.
Juxtapositionszwillinge = Berührungszwill. 41.

Kältemischung 356.
Kämmererit 343.
Kainit 370.
Kakoxen 422.
Kalialaun 369.
Kalifeldspat 294.
— Verwendung 297.
Kaliglimmer 337.
Kalisalpeter 369. 379.
Kalisalze 365.
— Produktion 369.
— Verwendung 368.
Kalium 369.
Kalk, gebrannter 394.
Kalkblau 105.
Kalkchromgranat 242.
Kalkfeldspat 300.
Kalknatronfeldspate 301.
Kalksinter 390.
Kalkspat 386.
— Doppelbrechg. 52, 389.
— Entstehung 389.
— Form 386.
— Fundorte 393.
— Gleitflächen 388.
— künstl. Darstellung 392.
— physikal. Eigensch. 389.
Kalkspat, Pseudomorphosen 46, 393.
— Spaltbarkeit 384.
— spezif. Gewicht 389.
— Verwendung 393.
Kalkspatgruppe 385.
Kalkstein 391.
Kalktuff 391.
Kalkuranit 175.
Kallait 259.
Kamazit 155.
Kameen 191, 197.
Kammkies 139.
Kampylit 115.
Kaneelstein 240.
Kanonenspat 387.
Kantengeschiebe 273.
Kaolin 316.
Kappenquarz 268.
Kaprubin 241.
Kaptivos 183.
Karat bei Edelsteinen 194.
— bei Gold 68.
Karatierung 68.
Karfunkelstein 240.
Karlsbader Zwillinge 295.
Karneol 280.
Karneolonyx 280.
Kassiterit 176.
Katzenauge 275.
— orientalisches 232.
Kehrsalpeter 379.
Kerargyrit = Hornerz 84.
Kies 135.
Kieselguhr 286.
Kieselkupfer 103.
Kieselmangan 163.
Kieselsinter 286.
Kieselwismut 127.
Kieselzinkerz 120.
Kieserit 371.
Kieseritregion 366.
Klieven 191.
Klinochlor 343.
Klinodoma 35.
Klinopinakoid 38.
Knistersalz 357.
Knochen 424.
Knopit 185.
Knottenerz 110.
Kobaltarsenkies 168.
Kobaltblau 170.
Kobaltblüte 169.
Kobalterze 167.
— Verwendung 170.
Kobaltglanz 168.
Kobaltrücken 96, 169.
Kochsalz 362.
Königsgelb 130.
Körnerprobe 355.
Kohinoor 208.
Kohleneisenstein 150.
Kombination 10.
Kontaktmetamorphe Lager 64.
Kontaktmineralien 64.
Konversionssalpeter 369.
Koppit 420.
Koprolithe 417.
Korallenerz 107.
Korallenkalk 6, 391.
Kornähren, Frankenberger 93.
Korubin 217.
Korund 210.
— gemeiner 216.
— künstl. Darstellg. 216.
— Verwendung 216.
Kraurit 422.
Kreide 391.
Kreuzstein 313.
Kristall, Definition 10.
— gelber 268.
Kristallform, einfache 10.
— ideale 13.
Kristallgruppe 44.
Kristallin. Schiefer 290.
Kristallkeller 65.
Kristallsoda 364.
Kristallsysteme 19.
Krokydolith 329.
Krugit 372.
Kryolith 383.
Künstlermarmor 394.
Kunstbronze 104.
Kunzit 323.
Kupfer, gediegen 90.
— Produktion 105.
— Verwendung 104.
Kupferblüte = Chalkotrichit 99.
Kupfererze 92.
Kupferfarben 105.
Kupferglanz 93.
Kupfergrün 103.
Kupferindig 94.
Kupferkies 94.
Kupferlasur 101.
Kupfermünzen 104.
Kupfernickel 165.
Kupferpecherz 95.
Kupferschiefer 96.
Kupferuranit 174.
Kupfervitriol 103.
Kupferwismutglanz 127.
Kylindrit 176.

Labradorit 302.
Längsfläche 34, 35, 36.
Längsprisma 34, 35, 36.
Lagerstätten 64.
Lahnphosphorit 417.
Langit 104.
Lapidär 194.
Lapis Lazuli 257.
Lasurit 258.
Lasurstein 257.
Laumontit 311.
Lautarit 377.
Lazulith 422.
Leblanc-Prozess 364.
Lehm 317.
Lepidokrokit 151.
Lepidolith 339.
Letternmetall 126.
Leuchtenbergit 344.
Leucit = Leuzit 303.
Leuzitbasalt 288.
Libethenit 104.
Lichtbrechung 51.
Liëvrit 352.
Limonit 150.
Linksdrehend 55.
Lippowitzmetall 128.
Lithionglimmer 339.
Lithionsmaragd 323.
Lithium 340.
Lithographisch. Stein 391.
Lithopone 123.
Löllingit 141.
Lötrohr 58.
Loeweit 372.
Luchssaphir 352.
Lupe, dichroskopische 57.
Lynchnites Lithos 395.

Madeiratopas = brauner Topas 219.
Magmatische Ausscheidungen 64.
Magnesiaglimmer 340.
Magnesit 395.
Magnete, natürliche 148.
Magneteisen 146.
— schlackiges 187.
Magnetit 146.
Magnetkies 141.
Majolika 317.
Makrodoma 34, 36.
Makropinakoid 34.
Malachit 100.
Manebacher Zwillinge 297.
Manganblende 163.
Manganepidot 253.
Manganerze 156.
— Verwendung 164.
— Vorkommen 164.
Manganit 161.
Mangankiesel 163.
Manganschaum 161.
Manganspat 162.
Mansfelder Bergbau 96.
Marienglas 338, 409.
Markasit 139.
Marmor 391.
— Entstehung 392.
— Vorkommen 394.
Martit 147.
Massicot 116.
Massikstein 277.
Maturadiamant 225.
Meerschaum 348.
Meerwasser 359.
Mehlschwefel 133.
Melakonit 100.
Melanglanz 86.
Melanit 241.
Melaphyr 288.
Melaphyrmandelstein 281.
Melilith 306.
Mellit 423.
Mennige 116.
Mergel 317.
Meroxen 341.
Mesitinspat 397.
Mesolith 314.
Mesosiderit 156.
Mesotyp = Natrolith 313.
Messing 105.
Metaxit 347.
Meteoreisen 154.
Meteoriten 154.
Meteorstein 154.
Methylenjodid 50.
Mikroklin 298.
Mikroskop 291.
Millerit 165.
Millersche Bezeichnungsweise 16.

Mimetesit 114.
Mimetische Kristalle 42.
Mineral, Definition 8.
Mineraleinschlüsse 43.
Mineralgänge 65.
Minette 143.
Mispickel 140.
Mohrenköpfe 244.
Mokkastein = Moosachat 279.
Molybdänglanz 172.
Molybdänverbindgn. 172.
Monazit 418.
Mondstein 299.
Monoklines System 35.
Monotrop 400.
Moosachat 279.
Morasterz 151.
Morion 268.
Mückenstein 279.
Mugelige Schliffform 191.
Muriazit = Anhydrit 413.
Murrhinische Gefässe 383.
Muscovit 337.

Nadeleisenerz 151.
Nagyagit 76.
Natrium, Darstellung 363.
Natriumlicht 355.
Natrolith 313.
Natronfeldspat 299.
Natronglimmer 339.
Natronlauge 363.
Natronsalpeter 377.
Naumannsche Zeichen 16.
Neapelgelb 127.
Nephelin 304.
Nephelinbasalt 288.
Nephrit 330.
— Verwendung 333.
Neumannsche Linien 156.
Neusilber 105, 167.
Neuwieder Blau 105.
Nickelblüte 166.
Nickelerze 165.
— Verwendung 167.
Nickelglanz 135, 166.
Nickelkies 165.
Nickelmünzen 167.
Nickelstahl 167.
Nicolo 280.
Nicolsches Prisma 54.
Nierenstein 330.
Nitrate 377.
Nörrembergsches Polarisationsinstrument 56.
Nosean 306.

Ocker 151.
Odontolith 260.
Oelstein 305.
Oktaeder 21.
Oligoklas 302.
Olivenit 104.
Olivin 344.
— in Meteoreisen 156.
Onyx 280.
— mexikanischer 401.
Onyxalabaster 401.
Onyxmarmor 401.
Oolithischer Kalkstein 392.
Opal 284.
Opalmutter 285.
Operment 130.
Optisch einachsig, zweiachsig 53.
Ordentlicher Strahl 52.
Orlow 208.
Orthodoma 35.
Orthoklas 294.
Orthopinakoid 35.
Oscillierende Kombination 185.
Osmium 80.
Ozokerit 427.

Pagodit 350.
Palladium 79.
Pallasit 156.
Paraffin, natürliches 427.
Paragonit 339.
Parallelverwachsung 39.
Parameterverhältnis 16.
Paramorphosen 46.
Pargasit ist Hornblende.
Partinium 172.
Paulit ist Hypersthen 319.
Pechblende 173.
Pechopal 286.
Penetrationszwillinge = Durchkreuzungszwillinge 41.
Pennin 342.
Pentagonale Hemiedrie 25.
Pentagondodekaeder 25.
Peridot 345.
Periklin 300.
Perlsinter 286.
Perowskit 184.
Petrographie 293.
Phakolith 309.
Pharmakolith 170.
Pharmakosiderit 422.
Phenakit 229.
Phillipsit 311.
Phlogopit 341.
Phonolith 288.
Phosgenit 112.
Phosphate, wasserhaltige 420.
Phosphorbronze 104.
Phosphorescenz bei Diamant 173, 201.
— bei Gadolinit 420.
— — Schwerspat 406.
— — Zinkblende 118.
Phosphorit 416.
Picotit 221.
Piemontit 253.
Pikrit 346.
Pikrolith 347.
Pinakoid 34.
Pingos d'agoa 237.
Pinit 351.
Pistazit 251.
Plagioklas 294.
Plasma 279.
Platin 78.
Platinasbest 327.
Pleonast 221.
Plessit 155.
Polarisationsapparat 54.
— für konvergentes Licht 56.
Polarisator 53.
Polianit 160.
Polierschiefer 286.
Polybasit 83.
Polyhalit 371.
Polyhalitregion 366.
Polymorphie 60, 133.
— enantiotrop 374.
— monotrop 400.
Porphyr 288.
Portlandzement 394.
Porzellan 317.
Porzellanerde 316.
Porzellanjaspis 276.
Pottasche 369.
Prasem 276.
Prasopal 286.
Prehnit 314.
Prisma, hexagonales 29.
— quadratisches 27.
— rhombisches 34.
Probierstein 68.
Proustit 86.
Pseudomorphosen 45.
Psilomelan 161.
Punamu 332.
Punktchalcedon 279.
Pyramidale Hemiedrie 33.
Pyramide, hexagonale 29.
— quadratische 27.
— rhombische 34.
Pyramidenoktaeder 22.
Pyramidentetraeder 25.
Pyramidenwürfel 22.
Pyrargyrit 85.
Pyrgom 320.
Pyrit 135.
Pyritoeder = Pentagondodekaeder 25.
Pyroelektrizität bei Kieselzinkerz 121.
— bei Turmalin 243.
— — Struvit 421.
Pyrolusit 160.
Pyrometer 80.
Pyromorphit 114.
Pyrop 240.
Pyrophysalith 235.
Pyroxengruppe 320.
Pyrrhotin = Magnetkies 141.

Quadratisches System 27.
Quarz 262.
— Aetzfiguren 20, 266.
— Färbung 265.
— Form 262.
— Funken am Stahl 273.
— gemeiner 272.
— Lichtbrechung 265.
— physikalische Eigenschaften 264.
— Schalenbau 263.
— Schmelzpunkt 266.
— Varietäten 267.
— Wachstumsstörungen 38.
— Zwillingsbildung 264.
Quarzgruppe 261.
Quarzporphyr 288.
Quecksilber, gediegen 106.
— Produktion 108.
— Verwendung 107.
Quecksilberbranderz 107.
Quecksilbererze 106.
Quecksilberlebererz 107.
Querfläche 34, 35, 36.

Radium 173.
Rädelerz 98.
Raseneisenstein 151.
Rauchquarz 268.
Rauchtopas 258.
— Form 262.
— gewund. Kristalle 39.
— Verwendung 268.
Rauschgelb 130.
Realgar 130.
Rechtsdrehend 55.
Reflexion 52.
Regelmässige Verwachsungen 48.
Regenbogenachat 281.
Regent 208.
Reguläres System 21.
Reichenbachsche Lamellen 156.
Reinit 170.
Rhodochrosit 162.
Rhodonit 162, 318.
Rhombendodekaeder 22.
Rhombisches System 33.
Rhomboeder 30.
Rhomboedrische Tetartoedrie 33.
Riebeckit 325.
Rogenstein 392.
Roheisen 152.
— Produktion 153.
— weisses 164.
Rohschwefel 139.
Rosatopas 237.
Rosaturmalin 247.
Rosenquarz 274.
Rosesches Metall 128.
Rosette 190.
Rotbleierz 113.
Roteisenstein 145.
Rotgiltigerz, dunkles 85.
— lichtes 86.
Rotglas 131.
Rotguss 105.
Rotkupfererz 99.
— Pseudomorphosen 45.
Rotnickelkies 165.
Rotspiessglanz 126.
Rotzinkerz 119.
Rubellit 247.
Rubicell 219.
Rubidium 339, 370.
Rubin 212.
— künstl. Darstellung 216.
— künstlicher 213.
— sibirischer 247.
— Verwendung 213.
Rubinglimmer 151.
Rubinspinell 219.
Rundwerke von Edelstein 198.
Rutil 180.
— auf Eisenglanz 48, 144.

Safflorit 135.
Sagenit 182.
Salinen 360.
Salit 323.
Salmiak 387.
Salpeter 377.

Digitized by Google

Salpetersäure 378.
Salzbergwerke 359.
Salzlager 357.
— Entstehung 359.
Salzsäure 364.
Sandarache 130.
Sandgebläse 274.
Sanidin 298.
Saphir 214.
— brasilianer 248.
— gelber 214.
— Verwendung 215.
Saphirkatzenauge 215.
Saphirquarz 329.
Sapparé 254.
Saprolith 419.
Sarder 280.
Sardonyx 280.
Sassolin 376.
Scarabäus in Gold 66.
— bei Edelsteinen 196.
Scepterquarz 39.
Schalenbau 38.
— bei Granat 239.
— — Quarz 263.
— — Schwerspat 404.
— — Steinsalz 356.
Schalenblende 119.
Scheelbleierz 170.
Scheelit 170.
Scherbenkobalt 129.
Scherbenkobold 168.
Schichtung, innere = Schalenbau 38.
Schillerspat 319.
Schlaglinien 336.
Schlangenalabaster 410.
Schmiedeeisen 153.
Schmirgel 216.
Schönit 371.
Schörl 247, 327.
Schreibersit 156.
Schreibkreide 391.
Schrifterz 76.
Schwalbenschwanz-Zwillinge 410.
Schwarzkupfererz 100.
Schwefel 131.
— geschmolzener 132.
— Gewinnung 134.
— Verwendung 134.
Schwefelblumen 133.
Schwefelkies 135.
— Pseudomorphosen 46.
— Verwendung 138.
— Wachstumsformen 37.
Schwefelkiesgruppe 134.
Schwefelsäure, Darstellung 138.
Schwere Lösungen 50.
Schwermetalle 64.
Schwerspat 403.
Schwerspatgruppe 403.
Schwingungsebene 58.
See-Erz 151.
Seesalz 362.
Seestein 426.
Seifen 65.
Seifengold 69, 71.
Seifenzinn 178.
Selbstentzündung 137.
Selenblei 108.
Selenerze 108.
Selenwismut 127.
Sénarmontit 126.
Sericit ist Kaliglimmer 337.
Serpentin 346.
Serpentinasbest 347.
Serrastein 277.
Siedesalz 361.
Signatur der Kristallflächen 386.
Silber, gediegen 81.
— Gewinnung 87.
— Preis 88.
— Produktion 89.
— Verwendung 87.
Silberamalgam 106.
Silberblick 87.
Silbererze 83.
Silberglanz 83.
Silberhornerz 84.
Silbermünzen 87.
Sillimanit 351.
Sinkwerke 360.
Skalenoeder 31.
Skapolith 305.
Skarabäus in Gold 66.
— bei Edelsteinen 196.
Skolezit 314.
Skorodit 422.
Skutterudit 167.
Smalte 170.
Smaltin = Speiskobalt 169.
Smaragd 227, 229.
— brasilianer 248.
— orientalischer 215.
Smaragdit 326.
Smirgel 216.
Soda 363.
— calcinierte 364.
— Darstellung 363, 364.
Sodalith 306.
Solquellen 360.
Solsalz 361.
Solvayverfahren 363.
Sombrerit 417.
Sonnenstein 302.
Spaltbarkeit 48.
Spanischer Topas 269.
Spargelstein 416.
Spateisenstein 149.
Speckstein 349.
Speerkies 139.
Speisesalz 362.
Speiskobalt 169.
Sperrylith 78.
Spessartin ist Mangangranat 238.
Spezifisches Gewicht 48.
Sphärosiderit 150.
Sphalerit 117.
Spiegeleisen 152.
Spiessglanz 125.
Spinell 218.
— blauer 220.
— edler 219.
— grüner 220.
— schwarzer 221.
Spinellgruppe 219.
Spodumen 323.
Spritzlöcher bei Achat 281.
Sprödglaserz 86.
Sprudelstein 400.
Staffelit 416.
Stahl 152.
Stahlbronze 104.
Stalaktiten 390.
— bei Steinsalz 361.
Stangenschwefel 134.
Stanniol 180.
Stassfurt 375.
Statuario 394.
Staurolith 256.
Steatit 196, 349.
Steingraveur 194.
Steinmark 316.
Steinsalz 354.
— Aetzfiguren 355.
— Einschlüsse 356.
— Entstehung 359.
— Flammenfärbung 355.
— Gewinnung 359.
— Gleitflächen 355.
— Produktion 362.
— Spaltbarkeit 11, 354.
— Verwendung 362.
— Vorkommen 357.
Steinschneiderei 191.
Stephanit 86.
Stephanstein 279.
Steppensalz 362.
Sternquarz 275.
Sternsaphir 211, 215.
Stilbit 310.
Stinkquarz 275.
Stock 64.
Stolzit = Scheelbleierz 171.
Strahlenblende 119.
Strahler 267.
Strahlstein 326.
Strass = Glasfluss 195.
Strengit 422.
Strich 51.
Strontianit 402.
Strontianzucker 403.
Struvit 420.
Stufe 44.
Succinit 428.
Südstern 208.
Süsswasserkalk 391.
Sumpferz 151.
Superphosphat 417.
Syenit 289.
Sylvanit 76.
Sylvin 367.
Sylvinit 368.
Symmetrie, Erkennung 20.
Symmetrieebene 17.
Systeme 17.

Tachhydrit 372.
Taenit 155.
Tafelspat 324.
Talk 349.
Talkschiefer 290.
Talkspat = Magnesit.
Tantalit 420.
Tellurblei 108.
Tellurwismut 127.
Tennantit 98.
Tenorit 100.
Tephrit 288.
Tesserales System = Reguläres System 21.
Tetartoeder 20.
Tetraeder 24.
Tetraedrit = Fahlerz 97.
Tetragonales System 27.
Thallium 135.
Thenardit 378.
Thomasmehl 417.
Thomasschlacken 152.
Thomsonit 314.
Thulit 253.
Tiefengesteine 288.
Tigerauge 275, 329.
Tinkal 375.
Titanate 184.
Titaneisen 186.
Titanit 185.
Titanverbindungen 180.
Tombak 105.
Ton 316.
Topas 234.
— brasilianer 269.
— brauner 269.
— orientalischer 214.
— spanischer 269.
Topas-Saphir 214.
Topazolith 242.
Topfstein 349.
Totalreflexion 52.
Trachyt 288.
Trapezoedrische Tetartoedrie 33.
Travertin 391.
Tremolit 326.
Treppenschnitt 190.
Triakisoktaeder = Pyramidenoktaeder 22.
Tridymit 277.
Triklines System 36.
Triphan 323.
Triphylin 414.
Troilit 142, 156.
Trona 363.
Troostit 120.
Tropfsteine 390.
Trümmerachat 283.
Trümmergesteine 289.
Türkis 259.
Tungstein = Scheelit 170.
Turmalin 242, 32.
— Dichroismus 245.
Turmalinplatte 244.
Turmalinsonne 246.
Turmalinzange 249.

Ulexit 376.
Ultramarin 258.
Umbra 151.
Umwandlungspseudomorphosen 46.
Uralit 329.
Uranglimmer 174.
Uranit = Kalkuranit 174.
Uranospinit 175.
Uranpecherz 173.
Urao = nat. Soda 363.
Uruguay-Topas 269.
Uwarowit 242.

Valentinit 124, 126.
Vanadinit 420.
Vanthoffit 373.
Variscit 261.
Verdrängungspseudomorphose 46.
Verfälschung der Edelsteine 194.
Vermeillegranat 240.

Digitized by Google

Verwachsung, regelmässige 43.
Verwitterung 61.
Verzerrung 13.
Vesuvian 249.
Viehsalz 363.
Violettsaphir = orientalischer Amethyst 215.
Visiergraupen 177.
Vitriolblei 113.
Vivianit 421.

Wachstumsformen 37.
Wachsopal 286.
Wad 161.
Wärmeleitung bei Edelsteinen 195.
Waschgold 69, 71.
Wasserglas 274.
Wasserkies = Markasit 139.
Wassersaphir 352.
Wassertropfen 237.
Wavellit 429.
Weichgewächs 83.
Weissblech 180.
Weissbleierz 111.
Weisserz 140.
— bei Eisenspat 149.
Weissgültigerz 140.
Weissnickelkies 185.
Weisssche Bezeichnung 16.
Weltauge 286.
Westphalsche Wage 49.
Widmannstättensche Figuren 155.
Wiesenerz 151.
Willemit 120.
Wiluit = Vesuvian 249.
Windschliffe 273.
Winkel 12.
Wismut, gediegen 127.
— Verwendung 128.
— Wachstumsformen 37.
Wismuterze 127.
Wismutglanz 128.
Wismutlegierungen 128.
Wismutocker 127.
Witherit 401.
Wolfram 171.
Wolframit 171.
Wolframstahl 172.
Wolframverbindgn. 170.
Wollastonit 324.
Wollastonit, Wachstumsformen 37.
Woodsche Legierung 128.
Würfel 22.
Würfelerz 422.
Wulfenit 115.
Wurtzit 119.

Xanthokon 86.

Yttrotantalit 420.

Zahntürkis 260.
Zement 394.
Zeolithe 307.
Zeunerit 175.
Ziegelerz 95.
Zinckenit 110.
Zink, Produktion 124.
— Verhüttung 123.
— Verwendung 123.
Zinkblende 117.
Zinkblüte 122.
Zinkerze 116.
Zinkit 119.
Zinkspat 121.
Zinkspinell 120.
Zinkweiss 123.
Zinn, Produktion 180.
— Verwendung 180.
Zinnamalgam 107.
Zinnerze 175.
Zinnkies 176.
Zinnober 106.
Zinnpest 176.
Zinnstein 176.
Zinnwaldit 340.
Zirkon 221.
Zirkonerde 225.
Zirkularpolarisation 55.
Zoisit 253.
Zone 14.
Zonenstruktur = Schalenbau 38.
Zweiachsig, optisch 53.
Zwillinge 40.
— des eisernen Kreuzes 136.
Zwillingsbildung, Erkennung im pol. Licht 55.
— durch Druck 388.
— wiederholte 42.
Zwillingsebene 41.
Zwitter 178.

Druckfehler.

Seite 225, Zeile 28 von oben lies Thorerde statt Tonerde.

Tafel 87 (Grosse Rauchtopasstufe) statt „87“: Titeltafel.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

3 2044 102 954 740
Digitized by Google